Die Entwicklung hoher Temperaturen in Deutschland

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
genehmigt
von der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Friedrich-Wilhelm-Universität zu Berlin
von

Kurt Brade
aus Haynau

Tag der Promotion: 13. Januar 1939
Tag der mündlichen Prüfung: 13. April 1938

Breslau 1939

Gedruckt bei Brehmer & Minuth, Breslau 2

Referenten: Professor Dr. K. Knoch
Professor Dr. A. Defant

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Inhaltsverzeichnis

I. **Einleitung** 5

II. **Material** 6

a) Bearbeitung des Materials über die Häufigkeit der heißen Tage 6

b) Fehler des Materials 10

1. Unterschied in der Thermometer-Aufstellung 10

2. Fehler bei Benutzung ungleich-langer Reihen 11

c) Bearbeitung des Materials über die Vorbedingungen und die Entwicklung hoher Temperaturen in Deutschland 13

III. A. **Einfluß der verschiedenen klimatischen Faktoren auf die Häufigkeit der heißen Tage** 13

1. Geographische Breite 14

2. Höhe über dem Meeresspiegel 15

3. Gestaltung der Erdoberfläche 16

4. Lage zu größeren Wasser- oder Landflächen 18

B. **Verteilung der heißen Tage in Europa** 20

1. Jährlicher Gang 20

2. Regionale Verteilung im Jahresdurchschnitt 22

3. Verteilung der heißen Tage in Deutschland auf das Jahr und die Monate Mai bis September 23

4. Vergleiche mit anderen klimatologischen Karten 29

C. **Zusammenfassung** 32

IV. **Vorbedingungen, Entwicklung und Abbau hoher Temperaturen in Deutschland** 33

1. Beginn und Ausbreitung der heißen Tage 33

2. Druckverteilung und -änderung 33

3. Luftmassen bei Temperaturen über 30° C in Deutschland 35

4. Änderung der Temperatur und relativen Feuchte bis 5000 m:

a) vom Vortag zum heißen Tag 38

b) zum letzten heißen Tag 41

c) zum Nachtag 42

5. Bewölkung an den verschiedenen Tagen:

a) Art der Wolken 43

b) Grad der Bewölkung 45

c) Wolkenuntergrenze 46

V. **Ergebnis** 47

VI. **Anhang** 50

Literatur 57

Lebenslauf 59

I. Einleitung

Das Klima eines bestimmten Ortes gibt den mittleren Zustand der Atmosphäre und den gewöhnlichen Verlauf der Witterung an. Die Klimakunde oder Klimatologie hat die Aufgabe, das Klima eines Ortes oder einer Landschaft zu erforschen und es durch Beschreibung der Witterungsvorgänge und durch die Angabe der Art und Größe der verschiedenen klimatischen Elemente darzustellen. Zu den Elementen eines Klimas gehören in erster Linie die Strahlung, die Wärme und Feuchtigkeit der Luft, die Bewölkung, der Niederschlag, der Wind und der Luftdruck. Ferner soll die Klimatologie untersuchen, welches die Faktoren sind, die auf die Elemente einwirken, und wie groß ihr Einfluß ist. Diese Faktoren werden klimatologische Faktoren genannt, und zu ihnen rechnet man die geographische Breite, die Höhe über dem Meeresspiegel, die Art der Unterlage (Wasser oder Land), Gestaltung (Berg, Tal, Ebene) und Beschaffenheit der Erdoberfläche (Pflanzen-Schnee-Eisdecke).

Damit man die Werte der einzelnen Orte miteinander vergleichen kann, werden die klimatischen Elemente in Zahlen angegeben und noch weiter unterteilt. Um ein einheitliches und vergleichbares Material zu schaffen, wurden Klimatabellen ausgearbeitet, in denen alle wichtigen klimatischen Elemente enthalten sind. Von größter Bedeutung sind dabei die Elemente, die auf das Leben von Mensch, Tier und Pflanze am stärksten einwirken. Unter anderem ist beim Wind die Stärke und Richtung, beim Niederschlag die Menge und Art ausschlaggebend. Bei der Lufttemperatur interessiert das Mittel für den Tag, Monat und das Jahr, das absolute Maximum und Minimum für dieselben Zeiträume, die tägliche und jährliche periodische und unperiodische Schwankung. Weiterhin ist es für die Beurteilung eines Klimas und seiner Erträglichkeit wertvoll zu wissen, wie oft eine bestimmte Temperatur im Jahr und in den einzelnen Monaten erreicht und überschritten wird. Aus diesem Grunde wird in den Klimatabellen die Zahl der Eis-, Frost- und Sommertage angegeben. Unter Eistagen versteht man Tage, an denen die Höchsttemperatur 0° C weder erreicht noch überschritten wird. Sie bleibt also während des ganzen Tages unter dem Gefrierpunkt. An den Frosttagen sinkt das Temperaturminimum unter 0° C. Es kommt folglich an diesen Tagen zur Eisbildung, die aber im Laufe des Tages wieder verschwindet. Bei den Sommertagen beträgt das Temperaturmaximum 25° C und darüber. Es hat sich nun gezeigt, daß bei den

hohen Temperaturen der Begriff des Sommertages allein nicht genügt, da die Temperatur von 25°—30° wohl als lästig empfunden wird, aber Gesundheitsstörungen erst bei mehr als 30° im allgemeinen vorkommen. Da in den meisten Klimagebieten so hohe Temperaturen relativ selten sind, gibt uns die Zahl der Tage, an denen 30° C erreicht oder überschritten wird, eine bessere Gliederung und daher eine genauere Klassifikation als die Zahl der Sommertage allein. Fr. Treitschke (1) und K. Dove (2) haben um 1900 schon angeregt, auch die Tage als Tropentage in den Klimatabellen zu führen, deren Temperaturmaximum bei 30° und darüber liegt. Zwar wurde in einigen Staaten von Deutschland die Zahl der Tropentage angegeben, doch ging man nicht einheitlich vor. Erst in den letzten Jahren wurde durch das Reichsamt für Wetterdienst eine einheitliche Bearbeitung des gesamten klimatologischen Materials für ganz Deutschland möglich. Unter anderem wurden Tabellen über die Häufigkeit der Tropentage in Deutschland aufgestellt. An Stelle von „Tropentag" setzte man den Ausdruck „Heißer Tag", so daß man jetzt bei den hohen Temperaturen ebenfalls zwei Unterteilungen hat: „Sommertage" und „heiße Tage".

Auf Anregung von Herrn Direktor Professor Dr. Knoch entstand vorliegende Arbeit, die sich mit Temperaturmaxima $\geqq 30°$ beschäftigt. Es wurde die Verteilung der heißen Tage in Deutschland und Europa für das Jahr und die einzelnen Monate, die Entwicklung so hoher Temperaturen und ihr Abbau untersucht. Die Luftmasse, ihr vertikaler Aufbau und ihre Aenderung bis 5000 m, die Bewölkung und die Wolkenuntergrenze wurde an den heißen Tagen ebenfalls bestimmt.

II. Material

a) Bearbeitung des Materials über die Häufigkeit der heißen Tage.

Für die Bearbeitung von Deutschland wurde eine noch unveröffentlichte Tabelle des Reichsamtes für Wetterdienst benutzt, in der die mittlere Zahl der heißen Tage aller vorhandenen Stationen für das Jahr und die Monate Mai—September angegeben ist. Hiervon wurden nur die Stationen ausgewählt, die einen Mittelwert aus einer Beobachtungsreihe von 25—50 Jahren aufweisen. Es standen dadurch etwas über 250 Stationen zur Verfügung. Bei der Ausarbeitung der beigegebenen Karten wurde auf Stationen mit langer Reihe entsprechend mehr Wert gelegt. Auf die Größe des Fehlers bei Benutzung ungleich langer Reihen wird später noch eingegangen werden. Ebenfalls wird der Unterschied zwischen Gehäuse und Hüttenaufstellung weiter unten behandelt. Erwähnen möchte ich an dieser Stelle jedoch, daß eine Angleichung an das 50jährige Mittel

bei den Temperaturmaxima nicht vorgenommen werden kann. Bei Herausgabe des Klimaatlas von Deutschland 1921 durch das Preußische Meteorologische Institut unter Professor Dr. Hellmann hat man untersucht, ob Extrem-Werte der Temperatur auf eine gleichlange Reihe gebracht werden können. Die Ergebnisse der Untersuchung waren aber so unsicher, daß bei der Veröffentlichung davon Abstand genommen wurde (3).

Für die Bearbeitung von Europa war es erheblich schwieriger, viele Stationen mit möglichst langer und einheitlicher Reihe zu bekommen. Im Reichsamt für Wetterdienst standen über 170 außerdeutsche, europäische Stationen zur Verfügung. Um ein möglichst einheitliches Vergleichsmaterial zu erhalten, wurde das Mittel nach Möglichkeit aus der 20jährigen Reihe von 1911—1930 errechnet. Der Zeitraum 1911—1930 wurde deswegen gewählt, weil für diese Zeit das Material reichlicher vorhanden ist, und man annehmen kann, daß die Thermometer-Aufstellungen annähernd einheitlich sind. Doch war es unmöglich, immer eine Reihe über denselben Zeitraum aufzustellen, da die Jahrbücher, aus denen die heißen Tage ausgezählt wurden, nicht fortlaufend einheitlich gestaltet waren. Waren die Jahrbücher 1911—1930 nicht immer vorhanden, oder traten Änderungen ein, wurden entweder die vorhergehenden oder die nachfolgenden Jahre hinzugezogen. In Tabelle I sind die Stationen angegeben, von denen die mittlere Zahl der heißen Tage aus einer Reihe von 15—20 Jahren bestimmt wurde. Diese Tabelle enthält außerdem das Mittel der heißen Tage und die benutzten Jahrgänge. Alle anderen eingetragenen Werte in der Europakarte der heißen Tage sind aus kürzeren Reihen bestimmt und daher nur mit Einschränkung zu verwenden. ( ) Diese Werte sind eingeklammert, wenn sie sehr stark von dem Normalwert abweichen.

Tabelle I

Jahresmittel der Zahl der heißen Tage
(Zeitraum = 15 bis 20 Jahre)

Station:	Jahresmittel	Zeitraum
Norwegen:		
Alten	0,05	1911—30
Bergen	0,05	„
Drontheim	0,2	„
Dovre	0,0	„
Oslo	1,8	„

Station	Jahresmittel	Zeitraum
Schweden:		
Göteborg	0,3	1919—33
Haparanda	0,7	„
Karlstad	0,7	„
Karesuando	1,4	„
Lund	0,8	„
Ostersund	0,4	„
Stockholm	0,4	„
Växjö	0,4	„
Visby	0,1	„
Finnland:		
Hangö	0,0	1911—30
Helsingfors	0,2	„
Kajana	0,8	„
Mariehamm	0,0	„
Sodankylä	0,4	„
Sordawala	1,7	„
Wasa	0,4	„
Dänemark:		
Bogo	0,1	1911—30
Fanö	0,05	„
Hammerhus	0,2	„
Herning	0,2	„
Kopenhagen	0,2	„
Samsö	0,0	„
Skagen	0,1	„
Vestervig	0,3	„
Estland:		
Dorpat	1,9	1911—30
Lettland:		
Riga	0,9	1910—29
England:		
Aberdeen	0,0	1903—13; 1922—30
Eskdalemuir	0,0	„ „
Kew	1,4	„ „
Valentia	0,0	„ „

Station	Jahresmittel	Zeitraum
Niederlande:		
De Bilt	3,0	1911—30
Groningen	2,8	„
Helder	0,6	„
Maastrich	6,5	„
Vlissingen	1,4	„
Winterswijk	3,6	„
Polen:		
Lemberg	4,8	1906—15; 1921—30
Posen	4,7	1881—1918; 25—30
Krakau	3,8	1896—1910; 26—30
Rußland:		
Kiew	12,9	1896—1910
Moskau	8,1	1892—1911
Odessa	13,5	1896—1906; 08—11
Petersburg	1,5	1894—1908
Tiflis	44,5	1885—1904
Frankreich:		
Brest	1,2	1906—20
Parc Saint-Maur	6,4	„
Perpignan	20,3	„
Puy de Dôme (400 m)	15,5	„
Schweiz:		
Basel	8,3	1911—30
Bern	3,6	„
Genf	6,5	„
Lugano	22,6	„
Zürich	10,3	„
Österreich:		
Graz	2,1	1911—30
Salzburg	6,0	„
Wien	2,2	„
Tschecho-Slowakei:		
Prag	5,6	1911—30
Ungarn:		
Budapest	22,4	1911—21; 1923—30
Herény	7,8	„ „
Turkeve	22,0	1911—18; 1927—30

Station	Jahresmittel	Zeitraum
Bulgarien:		
Gabrovo	19,3	1908—22; 1924—26
Philippopel	50,4	„ „
Pleven	48,7	„ „
Sofia	22,7	1911—30
Portugal:		
Beja	58,0	1906—22
Campo Maior	81,5	„
Evora	42,0	„
Faro	23,7	„
Lagos	34,5	„
Lissabon	20,6	„
Monto Corvo	45,0	„
Porto	10,9	„
Spanien:		
Granada	95,0	1911—15; 1923—32
San Fernando	26,4	1911—30
Italien:		
Mailand	39,4	1911—30
Padua	15,5	„
Pompeji	27,0	1909—28

Deutschland: Siehe Tabelle 21 zur Klimakunde des Deutschen Reiches: „Mittlere Zahl der kalten und heißen Tage."

b) Fehler des Materials

1. Unterschied in der Thermometeraufstellung.

Wenn man die Europakarte der heißen Tage betrachtet, sieht man, daß die österreichischen Stationen durch ihren sehr niedrigen Wert herausfallen. Auch die Stationen, die vor 1918 im österreichischen Besitz waren, weisen im Durchschnitt weniger heiße Tage auf, als man erwarten müßte. Das kommt daher, daß in Österreich die Gehäuseaufstellung an der Nordwand streng durchgeführt wird. W. Köppen (4) hat untersucht, welche Thermometeraufstellung für einheitliches Material am günstigsten ist und welche Abweichungen bei den verschiedenen Aufstellungen gegenüber dem Aßmann'schen Aspirationsthermometer vorkommen. Die Gehäuseaufstellung an der Nordwand liefert im allgemeinen zu niedrige Werte, weil sie die

Temperatur im Schatten eines Gebäudes angibt, wo der Austausch der Luft gering ist und von der Windrichtung stärker beeinflußt wird. Auch kann man das Gehäuse nicht immer einheitlich aufstellen, da eine Wand, die genau nach Norden weist und von anderen Strahlungseinflüssen frei ist, wohl kaum überall vorhanden sein wird. Eine Wand, die nur wenig nach Ost oder West gerichtet ist, kann man ebenfalls benutzen und direkte Strahlung durch zusätzliche Schirme abhalten, doch wird dies immer nur ein Behelf bleiben. Man kann aber für die Abweichung keinen allgemeingültigen Reduktionswert angeben. Es wären für jede Station Versuche nötig, um zu bestimmen, wie groß jeweils der Fehler zwischen der im Gehäuse angegebenen Temperatur und der wahren Lufttemperatur ist.

Anders liegen die Verhältnisse bei der Thermometeraufstellung in einer Hütte. Man muß nur darauf achten, daß immer derselbe Typ mit den gleichen Ausmaßen aufgestellt wird. W. Köppen hat gefunden, daß der Fehler bei einer Thermometeraufstellung in der Hütte desselben Typs annähernd überall gleich ist. Die Tagesmittel, die durch Messung in der Hütte bestimmt werden, weichen nur sehr wenig von dem Mittel ab, das man bei Benutzung des Aßmann'schen Aspirations-Thermometers erhält, da sich die verschiedenen Fehler im Laufe eines Tages fast aufheben. Bei den Extrem-Temperaturen ist die Abweichung größer. An heiteren Tagen ergibt sich im Mittel bei dem Temperaturmaximum ein Fehler von + 1 bis 2° C im Juli und August. Den stärksten Einfluß auf die Höhe der Abweichung hat die Windstärke, und zwar ist bei Windstille der Unterschied gegenüber dem Aspirations-Thermometer am größten. Da aber der Fehler bei allen Stationen fast gleich groß ist, können die Temperaturwerte der Hüttenaufstellungen für klimatologische Vergleiche durchaus benutzt werden. Um für die vorliegende Arbeit ein völlig gleichwertiges Material zu bekommen, müßte man die Gehäuseaufstellungen den Hüttenaufstellungen anpassen. Doch ist dies nicht ohne weiteres möglich, da man wohl den Unterschied zwischen dem Aßmann'schen Aspirations-Thermometer und dem Temperaturwert der Hüttenaufstellung kennt, aber die Differenz gegenüber der Gehäuseaufstellung nicht allgemein bekannt ist. Es wären hierzu für jede Station Versuche und Vergleiche notwendig. Ob aber das Ergebnis Zeit und Kosten lohnt, ist eine andere Frage.

2. Fehler bei Benutzung ungleichlanger Reihen.

Wie schon erwähnt wurde, können Extrem-Temperaturen nicht auf eine gleichlange Reihe gebracht werden. Dadurch, daß man gezwungen ist, bei den heißen Tagen Mittelwerte aus ungleichlangen Reihen zu verwenden, kommt ein weiterer Fehler in die Arbeit. Es wurde an Hand von 15 deutschen Stationen versucht, die Differenz

zwischen dem 50jährigen (1881—1930) und dem 20jährigen Mittel (1911—1930) zu bestimmen. Es ergab sich hierbei, daß ein allgemeingültiger Wert, der den angenäherten Unterschied zwischen den beiden Mitteln für jede beliebige Station angibt, nicht errechnet werden kann, da Aufstellungsänderung, Bebauung der Umgebung und Beobachterwechsel erheblich größere Fehler hervorrufen. Wäre nur der Unterschied in den Zeiträumen ausschlaggebend, so müßte der prozentuale Fehler annähernd gleich und die Abweichung einheitlich sein. Man findet aber sowohl eine positive wie auch negative Abweichung, und der prozentuale Fehler schwankt zwischen 3,8% und 45%. Am häufigsten liegt der Wert aus dem 20jährigen Mittel um 11% höher als der aus dem 50jährigen. Man darf daher bei den Karten der heißen Tage von Deutschland annehmen, daß die eingetragenen Werte der 25jährigen Reihe nur um ein weniges zu hoch sind und der Fehler bei Benutzung ungleichlanger Reihen klein ist. Bei der Europakarte der heißen Tage kann man annehmen, daß die Werte aus einer 15—20jährigen Reihe etwas zu hoch sind. Aber man muß dabei berücksichtigen, daß Stationen mit einem hohen Durchschnitt an heißen Tagen eine im Verhältnis geringe absolute Schwankung aufweisen, wodurch der Unterschied zwischen den Mitteln zweier verschieden langer Reihen ebenfalls sehr klein bleibt. Dagegen können bei den nordeuropäischen Stationen größere Änderungen eintreten. Besonders kritisch muß man die Werte der Stationen Nordeuropas betrachten, bei denen weniger als zehn Jahre zur Errechnung des Mittels zur Verfügung standen, denn ein außergewöhnlich heißes Jahr ändert bei einer so kurzen Reihe den Mittelwert sehr beträchtlich. In der beigefügten Tabelle II ist für einige Stationen das Jahresmittel (M), die absolute Schwankung (Sch) der heißen Tage in den Jahren 1911—30 und die Zahl (D) angegeben, mit der man die Schwankung dividieren muß, um das Mittel zu erhalten.

Tabelle II

	M	Sch	D
Hamburg	1,4	8	5,7
Breslau	4,8	15	3,7
Magdeburg	8,4	23	2,7
Puy de Dôme	15,5	34	2,2
Perpignan	20,3	40	2,0
Budapest	22,4	46	2,0
Philippopel	52,7	63	1,2
Mostar	77,2	47	0,6
Campo Maior	81,0	53	0,7

c) Bearbeitung des Materials über die Vorbedingungen und die Entwicklung hoher Temperaturen in Deutschland.

Für Teil IV der Arbeit wurden die Wetterlagen untersucht, bei denen Temperaturmaxima $\geqq 30°$ in den Jahren 1926—35 in Deutschland vorkamen. Die Daten der heißen Tage wurden bei 73 Stationen aus den Monatsberichten herausgesucht und in Karten eingetragen. Hiervon wurden nur die Wetterlagen ausgewählt, bei denen 30° in einem größeren Gebiet überschritten wurden, um so örtliche Einflüsse und die verschiedenen Fehler nach Möglichkeit auszuschalten. Aus ersterem Grunde wurden auch die süddeutschen Stationen nicht berücksichtigt. Dadurch standen reichlich 50 Fälle für die weitere Bearbeitung zur Verfügung. Auf einen Fall kommen 1—9 heiße Tage, so daß insgesamt über 140 heiße Tage bearbeitet wurden. Für diese Tage mit Vor- und Nachtag wurden die Aufstiege aus den aerologischen Berichten ausgewertet. Von Berlin (Lindenberg), Darmstadt (Frankfurt a. M.), Hamburg, Königsberg und München (Friedrichshafen) wurden die Feuchte- und Temperaturhöhenkurven gezeichnet. In den letzten Jahren kamen noch Breslau und Köln hinzu, so daß über 1000 Aufstiege bearbeitet wurden. München wurde später nicht verwendet, weil die Werte in den unteren 1200 m zu sehr gestört sind. Auch lagen die Daten der heißen Tage von München im Reichsamt für Wetterdienst nicht vor.

Zur Bestimmung der Luftmassen wurde das Thetagrammpapier von Moese und Schinze benutzt. Die aequivalent-potentielle Temperatur wurde unter Annahme des Normaldruckes von 1000 mb und unter Benutzung der graphischen Tabellen von O. Moese bestimmt. Die Tabellen sind nach der Formel $\Theta = t + 1570\ e/750$ aufgestellt. Es ist dasselbe Verfahren, das G. Schinze (5) angewandt hat. Er bezeichnet den so gefundenen aequivalent-potentiellen Wert mit Θ'' da dieser sich von dem errechneten Wert um geringes unterscheidet, was aber auf die Bestimmung der Luftmassen ohne Einfluß ist. Aus den Aufstellungen wurden außerdem noch die Mittelwerte der Temperatur und der relativen Feuchtigkeit und ihre Änderung vom Vortag zum heißen Tag und zum Nachtag errechnet. Der Grad der Bewölkung sowie die Wolkenuntergrenze wurden ebenfalls an den verschiedenen Tagen bestimmt.

III. A. Einfluß der verschiedenen klimatischen Faktoren auf die Häufigkeit der heißen Tage

Wie bei allen klimatischen Elementen Veränderungen und Abweichungen von dem Normalwert durch die verschiedenen Einflüsse hervorgerufen werden, so kann man auch bei der Häufigkeit der heißen Tage ein Ineinandergreifen der einzelnen klimatischen

Faktoren feststellen. Nicht immer läßt sich der Einfluß eines bestimmten Faktors klar herausschälen. In den folgenden vier Kapiteln wird versucht zu bestimmen, wie groß der Einfluß einiger klimatischer Faktoren ist. Es werden hierbei die geographische Breite, die Höhe über dem Meeresspiegel, die Gestaltung der Erdoberfläche und die Lage zu größeren Wasser- oder Landflächen behandelt, da bei den anderen Faktoren eine Bearbeitung nicht möglich ist oder sich erübrigt. So scheidet bei der Beschaffenheit der Erdoberfläche Schnee und Eis von vornherein aus. Es bleibt also nur noch die Pflanzendecke für eine Bearbeitung übrig, die sich zu sehr mit Einzelheiten befassen müßte, wofür aber nicht genügend Material vorhanden wäre. Bei der Art der Unterlage — ob Wasser oder fester Boden — ist auch nur der letztere zu berücksichtigen, da in unseren Breiten auf dem Meere Temperaturen von mehr als 30° kaum vorkommen.

1. Geographische Breite.

Der Einfluß der Geographischen Breite ist nur bei größeren Entfernungen festzustellen. Die Geographische Breite gibt die Basis für die Häufigkeit der heißen Tage, doch der Einfluß anderer klimatischer Faktoren ist erheblich größer, so daß sie mitunter ohne jeglichen Einfluß erscheint. Sowohl in Porto bei 41° n-Breite wie auch in Kiew bei reichlich 50° n-Breite kommen mehr als 10 heiße Tage vor. Die Gründe für die gleiche Häufigkeit liegen auf einem anderen Gebiet, das später noch behandelt wird. Wie gering mitunter der Einfluß der Breite auch bei sonst ähnlichen Bedingungen sein kann, sieht man an Haparanda und Lund in Schweden. Beide Stationen liegen in der Nähe der Küste und es werden bei beiden, obgleich sie um mehr als 10 Breitengrade voneinander entfernt sind, fast jedes Jahr einmal Temperaturen von 30° C erreicht. Um den Einfluß der Breite festzustellen, darf man nicht nur zwei Stationen miteinander vergleichen, sondern muß mehrere herausgreifen, bei denen die anderen klimatischen Bedingungen ungefähr gleich sind. Bis 40° n-Breite kommen an einigen Orten mehr als 80 Tropentage im Jahre vor. Bei Stationen, die keine Tallage haben und nicht so stark kontinental beeinflußt sind, liegen die Werte entsprechend niedriger. Der Durchschnitt dürfte normalerweise bei 40 heißen Tagen liegen. Am 45. Breitengrad ist das Mittel schon erheblich kleiner und beträgt im allgemeinen 20 heiße Tage. Nur in Mailand werden Maximaltemperaturen von 30° C und darüber fast 40 mal im Jahre gemessen. Nördlich vom 50. Breitengrad werden 10 Tropentage nur noch in Innerrußland erreicht. Der Normalwert ist in dieser Breite ungefähr 6 heiße Tage. Von 53° n-Breite setzt wiederum eine stärkere Abnahme ein, da von hier ab andere klimatische Einflüsse mehr hervortreten. In höheren Breiten als 55° n kommen innerhalb von 3 Jahren

nur noch vereinzelt mehr als zweimal Temperaturen über 30° vor. Es ist ferner interessant festzustellen, daß nördlich vom Polarkreis Temperaturmaxima ≧ 30° C noch gelegentlich gemessen werden. So ergibt ein 20jähriges Mittel für Sodankylä 0,4 und ein 10jähriges für Thule (Inari) 1,0 heiße Tage. Bei Karesuando beträgt der Wert aus einer 15jährigen Reihe sogar 1,4 heiße Tage. Alle drei Stationen liegen in Nordskandinavien zwischen dem 67. und 68. Breitengrad. Die nördlichste Station, die innerhalb der untersuchten 20 Jahre noch einen Tropentag aufweist, ist Alten in Norwegen bei 70° Nordbreite. Als Gegenstück möchte ich eine Station außerhalb Europas erwähnen, und zwar die Wüstenstation „In-Salah" in Algerien, die als extremes Beispiel sehr gut geeignet ist. Bei einer Breite von 27° 12' n, einer Länge von 2° 28' E und einer Höhe über dem Meeresspiegel von 275 m werden hier die Temperaturen von 30° C mehr als 230 mal im Jahre überschritten. Man sieht hieraus, daß eine Abnahme mit der Geographischen Breite besteht, aber diese Abnahme nicht gleichmäßig ist. Auch ist ein bestimmter Wert nicht an eine bestimmte Breite gebunden. Es läßt sich jedoch behaupten, daß bis zu einer bestimmten Breite im Mittel höchstens nur eine bestimmte Anzahl heißer Tage vorkommen. Z. B. bis 40° N höchstens 40 heiße Tage. Hierbei muß man aber Innerrußland besonders betrachten. Genaue Angaben lassen sich auf Grund des geringen Materials noch nicht machen. Die Anzahl der Stationen muß hierzu erheblich größer, die Thermometeraufstellung vollkommen einheitlich und der bearbeitete Zeitraum überall derselbe sein.

2. Höhe über dem Meeresspiegel.

W. Stöckigt (6) hat in seiner Arbeit gezeigt, daß im Schwarzwald eine Höhe bis 500 m über dem Meeresspiegel für die Ausbildung und Häufigkeit der heißen Tage nicht so ausschlaggebend ist wie andere Faktoren. Ebenso wie die Temperatur im allgemeinen mit der Höhe abnimmt, wird auch die Häufigkeit der Tropentage geringer. Doch läßt sich eine allgemein gültige Regel dafür nicht angeben, da durch das Ineinandergreifen der verschiedenen klimatischen Faktoren sich der Einfluß der Meereshöhe nicht immer bestimmen läßt. Eine Höhe, von der eine Abnahme einsetzt oder bis zu der Temperaturmaxima ≧ 30° C noch vorkommen können, läßt sich nicht angeben. In den folgenden Beispielen soll nur gezeigt werden, wie verschieden der Durchschnitt der heißen Tage in gleicher Höhe und Breite sein kann. Während bei 1000 m in Höchenschwand (1005 m) und Todtnauberg (1030 m) noch gelegentlich Temperaturen über 30° vorkommen, werden in Schmücke (910 m) in Thüringen so hohe Temperaturen nicht mehr gemessen. In Mittenwald bei gleichfalls 910 m Höhe

werden durchschnittlich 1,3 mal Temperaturmaxima von 30° erreicht. In Sofia kommen bei einer Breite von 42° 42' n und einer Höhe von 550 m 22,6 heiße Tage im Jahr durchschnittlich vor, während in Sarajewo (43° 52' n), das nur 10 m höher liegt, 9,6 mal die Temperaturen von 30° überschritten werden. Man ersieht aus diesen Beispielen, daß die Höhe über dem Meeresspiegel ebenso wie die geographische Breite nicht allein ausschlaggebend für die Häufigkeit der heißen Tage ist. Zu einem besseren Ergebnis kommt man, wenn man nicht die Höhe über dem Meere, sondern den relativen Höhenunterschied gegenüber der Umgebung nimmt. Doch soll hierauf erst im nächsten Kapitel eingegangen werden.

3. Gestaltung der Erdoberfläche.

Ebenso, wie bei der Mitteltemperatur die Oberflächengestalt der Erde stark bestimmend ist, tritt bei der Häufigkeit der heißen Tage die Form der Erdoberfläche vielmehr in Erscheinung als die vorher erwähnten klimatischen Faktoren. Den Einfluß dieses Faktors kann man überall feststellen, und es läßt sich sagen, daß hierbei eine bestimmte Abhängigkeit vorhanden ist. So kommt es darauf an, ob eine Station in der Ebene oder im Gebirge liegt. Bei der Ebene ist die Verteilung der heißen Tage auf größere Flächen ziemlich gleichmäßig. Hierbei ist für die Anzahl der Tropentage der Einfluß der geographischen Breite und der größerer Wasserflächen stärker bemerkbar. Innerrußland würde das beste Beispiel sein. Doch standen für dieses große Gebiet nur sehr wenig Stationen zur Verfügung, so daß es nicht herangezogen werden kann. Aber nicht nur in größeren Gebieten, wie auch die ungarische Tiefebene, kann man eine Einheitlichkeit feststellen, sondern auch innerhalb Deutschlands findet man, daß die Häufigkeit der heißen Tage in der norddeutschen Tiefebene ungefähr gleich und das Kartenbild einheitlich ist.

Je mehr ein Land von Gebirgen durchzogen ist, um so zergliederter ist die Darstellung der Häufigkeit der Tropentage und ist der der wahren Mitteltemperatur ähnlich. Der Unterschied der Jahresmittel der heißen Tage zweier benachbarter Stationen kann sehr groß werden. Ausschlaggebend für die Anzahl der Tropentage ist die Lage des Ortes. Unter der Lage eines Ortes soll in dieser Arbeit nicht die geographische Breite verstanden werden, sondern wie sich der Ort zu seiner Umgebung verhält. Es kommt darauf an, ob er in einer Mulde, an einem Hang oder auf dem Gipfel einer Erhebung liegt. Bekanntlich wirkt die konkave Form der Erdoberfläche auf die Temperaturextreme verstärkend und die konvexe abschwächend. So ist es erklärlich, daß es in einer Mulde oder in einem Tal öfters zu Temperaturen über 30° kommen kann als auf einer Erhebung.

Ganz besonders kommt es mit darauf an, auf welcher Seite des Gebirges das Tal liegt, wie groß die Sonnenscheindauer — besonders in den Morgen- und Mittagsstunden — ist und welche Winde ungehindert Zugang finden.

Die Bestrahlung durch die Sonne spielt bei der Hanglage ebenfalls eine größere Rolle. Doch werden hier die Temperaturen unter sonst gleichen Verhältnissen nicht so oft 30° erreichen wie bei der Tallage, da die erwärmten Luftmassen leichter aufsteigen können und der Luftaustausch intensiver ist. Beim Hang ist besonders die Höhe über dem Fuß des Berges und die Maximaltemperatur, die hier vorkommt, maßgebend. Durch die höhere Windgeschwindigkeit und das Fehlen einer größeren Heizfläche fällt bei der Gipfelstation die Ausbildung einer Bodenüberhitzungsschicht weg, und so werden nur selten Temperaturmaxima $\geqq 30°$ C auf dem Gipfel erreicht. Wie wir schon gesehen haben, ist hierbei nicht die Höhe der Gipfelstation über dem Meeresspiegel maßgebend, sondern die Höhe über der umgebenden festen Erdoberfläche, die als Heizfläche wirkt. Die im vorigen Kapitel erwähnten Stationen Todtnauberg, Höchenschwand und Schmücke sind ein gutes Beispiel hierfür. Obgleich Todtnauberg und Höchenschwand reichlich 1000 m über dem Meeresspiegel liegen, werden noch gelegentlich Temperaturen von 30° und darüber gemessen. In Schmücke bei 910 m wurde dagegen noch kein heißer Tag festgestellt. Anders wird das Verhältnis, wenn man die Höhe über der umgebenden Ebene heranzieht. Die beiden süddeutschen Stationen Todtnauberg und Höchenschwand haben in diesem Falle eine Höhe von noch nicht 600 m, bei Schmücke ist der Höhenunterschied dagegen fast 800 m. Wenn wir Schmücke mit einer Station vergleichen, die in derselben Höhe aber nicht auf dem Gipfel, sondern in einer Mulde liegt, tritt der Unterschied im Jahresmittel der heißen Tage noch stärker hervor. Wie hoch die Anzahl der heißen Tage in gleicher Höhe und Breite wie Schmücke werden kann, sieht man an Mittenwald, wo durchschnittlich im Jahre 1,3 heiße Tage vorkommen. Daß in einem Ort, der am Hang liegt, wieder weniger heiße Tage vorkommen, kann man an Wang im Riesengebirge (874 m) feststellen. Hinzu kommt noch, daß die Station am NE-Hang liegt. Hier beträgt das langjährige Mittel nur 0,1 heiße Tage. Weitere Beispiele ließen sich für alle Höhen angeben. Bei der Karte der heißen Tage in Deutschland sieht man ebenfalls, daß die Flußtäler, die ja eine konkave Form der Erdoberfläche darstellen, fast in allen Fällen ein höheres Jahresmittel aufweisen, als die Ebene oder gar die angrenzenden Höhenzüge. Ich möchte mich aber auf die angegebenen Beispiele beschränken und auf die Arbeit von W. Stöckigt (6) verweisen, in der für den Schwarzwald der Einfluß der Lage einer Station eingehend behandelt wurde.

Daß die Schlüsse, die man in Deutschland ziehen konnte, auch auf andere Breiten passen, sieht man an folgendem Beispiele: Wie schon weiter oben erwähnt wurde, werden in Sofia (42° 42' n) bei einer Höhe von 550 m 22,6 heiße Tage im Jahresdurchschnitt erreicht, während in Sarajewo (43° 52' n) bei einer Höhe von 560 m 9,6 mal Temperaturen von 30° überschritten werden. Für diesen großen Unterschied ist nicht die geringe südlichere Breite von Sofia ausschlaggebend, sondern es spricht hier die verschiedene Lage der beiden Orte mit. Die Jahresmittel der Temperatur weichen nur um 0,4° voneinander ab. Aber, wenn man die Mittel der einzelnen Monate miteinander vergleicht, sieht man ebenfalls, daß Sofia abgeschlossener liegt als Sarajewo. Im März ist das Monatsmittel der Temperaturen bei beiden Stationen gleich. In den folgenden Monaten steigen die Temperaturen in Sofia schneller an und ergeben einen Wert, der bis einschließlich Juli im Mittel um 1,2° höher liegt. Vom August ab nähern sich die Monatsmittel von Sarajewo und Sofia wieder. Im Januar und Februar ist es in Sofia sogar im Durchschnitt kälter als in Sarajewo. Die Häufigkeit der heißen Tage gibt also ebenfalls Aufschluß über die Lage der Station und stellt eine gute Ergänzung zu den Mittel- und mittleren Extremtemperaturen dar.

4. Lage zu größeren Wasser- oder Landflächen.

Ein weiterer klimatischer Faktor, der ebenfalls in größeren Zügen klar hervortritt, ist der Einfluß größerer Land- und Wasserflächen. Wenn man die Europakarte der heißen Tage betrachtet, sieht man, daß die Linien gleicher Häufigkeit fast der Küste parallel gehen. Man erkennt, daß die Häufigkeit der heißen Tage mit der geographischen Breite ab und mit der Entfernung von der Küste zunimmt. Störungen werden fast nur durch Gebirge hervorgerufen. So hat Valentia in Südwestirland bei 51° 54' n-Breite, Meereshöhe und typisch warmem, ozeanischem Klima mit einem Jahresmittel von 10,5° C keinen einzigen heißen Tag zu verzeichnen. Vlissingen bei fast gleicher Breite und ebenfalls Küstenstation ist vom Kontinent stärker beeinflußt und weist durchschnittlich im Jahre 1,4 heiße Tage auf. Die Zahl der Tage mit einem Temperaturmaximum $\geqq 30°$ steigt erst schnell, dann langsam mit zunehmender Entfernung von der Küste an. So kommen in De Bilt 3, in Maastrich 6,5 Tropentage im Jahr vor. Als Beispiel einer kontinentalen Station diene Kiew. Es liegt 1,5° südlicher als Valentia und ist im Jahresmittel um 3,7° kälter, während der Durchschnitt des wärmsten Monats um 4,2° höher liegt. In Kiew (50° 27' n-Breite) kommen durchschnittlich 12,9 heiße Tage vor. Weiter nach Süden zu macht sich der Einfluß des Schwarzen Meeres bemerkbar. Obgleich in Odessa (46° 29' n-Breite) der Jahresdurchschnitt und der wärmste Monat um ungefähr 3°

wärmer sind als in Kiew, so nehmen die heißen Tage nur um 0,6 zu. Die abgeschlossene, kontinentale Lage der ungarischen Tiefebene tritt auch bei der Häufigkeit der Temperaturen über 30° hervor. Hier werden einheitlich Werte von über 22 Tropentagen im Jahr erreicht, während in gleicher Breite in der Nähe der französischen Küste nur ungefähr 10 heiße Tage vorkommen. Wie groß der Unterschied zwischen Küstenstation und einer Talstation im Innern des Landes bei gleicher Breite werden kann, zeigt das Beispiel von Lissabon und Campo Maior. Erstere verzeichnet 20 heiße Tage, wogegen in Campo Maior über 80 mal Temperaturen von mehr als 30° gemessen werden. Den Unterschied zwischen maritim und kontinental beeinflußten Stationen findet man überall wieder, ganz gleich, ob man den Norden oder Süden betrachtet. Im Süden sind die Unterschiede nur auffallender. So kann man in Deutschland feststellen, daß die Linie, die die Orte mit zwei heißen Tagen im Jahr verbindet, von der Nordwestküste weiter entfernt ist, als von der Küste Ostpreußens, wo sich der Einfluß des russischen Binnenlandes stark bemerkbar macht.

Zum Abschluß dieser Kapitel möchte ich noch die Stationsbeschreibungen von Klausthal und Brotterode hinzufügen. Hierbei soll nicht nur auf die verschiedene Lage der Stationen hingewiesen werden, sondern darauf, daß der Unterschied im Mittel der heißen Tage stark von der verschiedenen Thermometeraufstellung beeinflußt ist. In Brotterode werden bei Hüttenaufstellung im Durchschnitt 1,6 heiße Tage festgestellt, während in Klausthal bei Gehäuseaufstellung nur alle 10 Jahre einmal 30° oder darüber gemessen werden. Die Stationsbeschreibungen wurden aus den Ergebnissen meteorologischer Beobachtungen Stationen 2. und 3. Ordnung entnommen.

Stationsbeschreibung.

Brotterode: 580 m, $\varphi = 50^{0}\ 50'$, $\lambda = 10^{0}\ 27'$.

Der Marktflecken Brotterode liegt am Südwest-Abhange des Thüringer Waldes 3 km südwestlich von dessen höchster Erhebung, dem großen Inselberge, in einer Seehöhe von 580 m. Südlich davon erhebt sich in geringer Entfernung die flache Kuppe des 805 m hohen Scimeberges. Der Ort zieht sich zum größten Teile in einer hier von Ost nach West streichenden flachen Talsenke hin, zu beiden Seiten des Inselberger Wassers. Die unmittelbare Umgebung bildet Acker und Wiesenland; erst in einiger Entfernung beginnen ausgedehnte Waldungen. Etwa am Südostende des Ortes befindet sich die Station. Thermometerhütte mit Fueß'schen Thermometern in 2,1 m Höhe. Das Gelände fällt bei der Station von Südost nach Nordwest hin sanft ab. Hütte, Regenmesser und Windmast finden im Ziergarten des Beobachters Aufstellung.

Klausthal: 572 m, $\varphi = 51^{\circ}\ 48'$, $\lambda = 10^{\circ}\ 20'$.

Die alte Bergstadt liegt auf dem Plateau des Oberharz, das indessen keine Hochebene darstellt, sondern noch vielfach gegliedert ist. So bestehen in Klausthal selbst Höhenunterschiede von 30 und mehr Metern. Die nächste Umgebung ist waldarm; ringsum liegen zerstreut gegen 20 Weiher. Der Beobachter wohnt im eigenen Hause, nahe dem höchsten Punkte der Stadt, der wenige Schritte weiter südlich liegt. An das nach Westen schauende, isoliertstehende Wohnhaus schließt sich ein kleiner Hof an. Dahinter liegt ein geräumiger Blumen- und Gemüsegarten, der sanft nach Westen abfällt und an große Wiesen angrenzt. Die Thermometer sind in einem Zinkblechgehäuse vor einem nach Nord schauenden Flurfenster des ersten Stockwerkes günstig exponiert. 1906 wurde die Station nach einem anderen Hause verlegt. 1911 übernahm die Bergakademie die Beobachtungen und das Gehäuse wurde mit den Thermometern dort angebracht.

III. B. Verteilung der heißen Tage in Europa

1. Jährlicher Gang.

Wenn man die Verteilung der heißen Tage auf die einzelnen Monate untersucht, tritt der Einfluß der geographischen Breite stärker hervor. Es läßt sich auch dabei die Einwirkung des Meeres oder die des Kontinents feststellen. Doch ist dies nicht mehr so dominierend. Während man in den nördlichen Ländern heiße Tage fast nur im Juli findet, verteilen sie sich, je weiter man nach Süden kommt, auf immer mehr Monate. In Mitteleuropa kann man normalerweise von Ende Mai bis Anfang September auf Tropentage rechnen. In Südeuropa sind die Anteile des Mai und September höher und sogar im April und Oktober kommen noch gelegentlich Temperaturen über 30° C vor. Bei einer Aufstellung der prozentualen Anteile der einzelnen Monate an der Gesamtsumme der heißen Tage tritt das gut hervor. In Tabelle III wird für die verschiedenen Stationen in der Spalte Jahr das Mittel der heißen Tage und unter den Monaten ihr prozentualer Anteil wiedergegeben. Wenn man Oslo, Breslau, Budapest und Mostar miteinander vergleicht, so findet man, daß der Hauptanteil der Tropentage im Süden sich mehr nach dem Ende des Sommers zu verschiebt. Die meisten heißen Tage stellt nicht mehr wie in Nord- und Mitteleuropa der Juli, sondern der August. Der Anteil des September liegt im Süden erheblich höher als im Norden. In Oslo treten im Juli fast zu 100% die Temperaturen über 30° auf, während in Breslau der Juli 47,3% und der August 25,3% der heißen Tage stellen. In Budapest ist der Anteil des Juli (36,3%) und des

August (33,4%) schon fast gleich. In Mostar liegt der Anteil des August (32,1%) um ungefähr 3% höher als der des Juli (29,4%). Den Einfluß des Meeres kann man am besten wiederum in Kiew und Odessa feststellen. In Kiew stellen die Monate Mai und Juni zusammen 25% der heißen Tage, während diese beiden Monate in Odessa nur den halben Wert — nämlich 11,4% — ausmachen. Daß bei größerer Höhe über dem Meeresspiegel die heißen Tage ebenfalls später einsetzen, sieht man an Sarajewo. Hier beträgt der Anteil des Mai und Juni zusammen nur 8,3%, während der August 54,3% und der September 13,5% aufweisen.

Tabelle III.

Prozentualer Anteil der Monate April bis Oktober an der Gesamtsumme der heißen Tage in Prozenten.

Station	Jahr	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.
Drontheim	0,2	—	—	—	100	—	—	—%
Haparanda	0,7	—	—	—	90	10	—	—
Oslo	1,8	—	—	—	90	10	—	—
Dorpat	1,9	—	—	18,4	60,5	21,1	—	—
Petersburg	1,5	—	—	18,2	54,5	27,3	—	—
Königsberg	3,7	—	1,7	24,7	43,2	28,7	1,7	—
Lemberg	4,8	—	1,9	19,7	51,0	25,0	2,4	—
Krakau	3,8	—	3,4	12,2	53,4	31,0	—	—
Breslau	4,8	—	2,0	21,4	47,3	25,3	4,0	—
Moskau	8,1	—	2,6	22,1	41,5	33,2	0,6	—
Frankfurt a. M.	7,2	—	5,5	18,2	45,8	23,6	6,9	—
Budapest	22,4	0,2	3,3	16,9	36,3	33,4	9,6	—
Mailand	39,4	—	4,7	19,3	44,1	27,6	4,3	—
Odessa	13,5	—	0,5	10,9	41,1	43,6	3,9	—
Kiew	12,9	—	2,6	19,5	33,0	38,8	6,1	—
Sarajewo	9,6	—	1,0	7,3	23,9	54,3	13,5	—
Bonja Luka	10,0	—	7,0	12,0	33,0	46,0	2,0	—
Mostar	77,2	—	8,4	16,9	29,4	32,1	12,3	0,9
Lissabon	20,6	—	5,6	12,2	28,5	32,7	18,6	1,9
Campo Maior	81,5	—	5,4	17,1	28,2	29,6	17,2	2,5
Granada	95,0	0,1	5,3	17,7	29,3	29,7	15,2	2,7
Tiflis	44,6	—	0,5	13,8	37,2	38,5	10,5	—
Pompeji	27,0	0,3	3,2	14,0	39,6	34,6	7,8	0,5
Kew	1,4	—	11,1	—	37,3	36,9	14,7	—

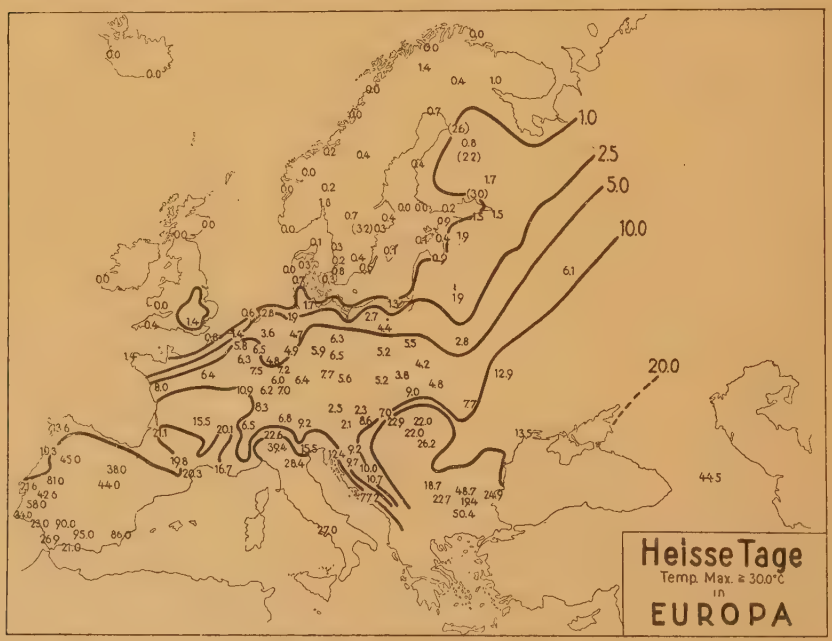
Die Zahl in der Spalte — Jahr — gibt das Mittel der heißen Tage an.

2. Regionale Verteilung im Jahresdurchschnitt.

Die Gliederung der heißen Tage nach Breitengraden wurde schon im Kapitel III A. gegeben. Es sollen jetzt die einzelnen Teile Europas auf die Häufigkeit der Tropentage untersucht werden.

Wie zu erwarten war, werden auf Island Temperaturen von 30° C nicht mehr erreicht. Auf der Skandinavischen Halbinsel ist der Unterschied zwischen West und Ost stark ausgeprägt, während zwischen Nord und Süd kaum ein Unterschied festzustellen ist, obgleich hier die Entfernung mehr als 10 Breitengrade beträgt. Auf der Westseite von Skandinavien werden nur höchst selten Temperaturmaxima ≧ 30° C erreicht. Bei einigen günstig gelegenen Fjorden wurde innerhalb der bearbeiteten 20 Jahre ein heißer Tag festgestellt. Auf der Ostseite dagegen kommt durchschnittlich alle zwei Jahre einmal eine Maximaltemperatur von 30° vor. Der Unterschied zwischen West und Ost ist ohne weiteres aus dem Relief Skandinaviens erklärlich. Die meisten heißen Tage innerhalb von 20 Jahren wurden für Oslo ausgezählt. Hier wurden in dieser Zeit 36 mal Temperaturmaxima von 30° erreicht oder überschritten.

Für Osteuropa sind nur sehr wenig Stationen mit einer 15- bis 20-jährigen Reihe vorhanden. Doch kann man immerhin den Einfluß der Breite und den größerer Wasserflächen feststellen. Auch sieht man, daß in Innerrußland die Anzahl der heißen Tage erheblich



höher ist als in West- und Mitteleuropa. So kann man im Osten bis zum 55. Breitengrad noch mit fast 10 heißen Tagen im Jahr rechnen. Dagegen kommen in Mitteleuropa bei südlicherer Breite im Durchschnitt nur 5 bis 7 heiße Tage im Jahr vor. Da auf Deutschland noch näher eingegangen wird, sollen weitere Angaben an dieser Stelle nicht gemacht werden.
In England werden 30° nur im Themsetal erreicht oder überschritten. Ebenfalls sehr niedrig liegen die Werte an der Westküste Europas. Hier beträgt der Jahresdurchschnitt etwas über einen heißen Tag. Im Südwesten Europas steigt die Zahl der heißen Tage stärker an, sobald man sich von der Küste entfernt. So werden in Südfrankreich 20 mal die Temperaturmaxima von 30° überschritten. Doch nur in Südfrankreich wird ein so hoher Wert erreicht. Im allgemeinen kann man in Frankreich auf 7 bis 12 heiße Tage rechnen. Wie gering der Einfluß der Höhe bis 400 m ist, sieht man an der Station am Fuße des Puy de Dôme. Hier wurden 15,5 heiße Tage als Jahresdurchschnitt ausgezählt.
Auf der Iberischen Halbinsel kommen die meisten heißen Tage mit einem Temperaturmaximum $\geqq 30°$ C in Europa vor. Granada und Sevilla weisen über 90 heiße Tage im Jahr auf. Campo Maior im Westen und Murcia im Osten überschreiten die Zahl 80 ebenfalls. Für die Hochebenen in Nordwestspanien kann man 40 Tropentage als Mittel annehmen. Der starke Abfall des Jahresmittels der heißen Tage nach dem Meere zu wurde schon im Kapitel III A erwähnt.
Für Italien liegen leider nur wenig Stationen vor, die fortlaufend Höchsttemperaturen veröffentlichen. Doch kann man hier erkennen, wie hoch der Wert der oberen Poebene über dem Normalwert in gleicher Breite liegt. In Mailand beträgt das Jahresmittel fast 40 heiße Tage, während in der Nähe der Adria nur 15,5 heiße Tage erreicht werden.
Wie schon erwähnt wurde, tritt im Südosten Europas die ungarische Tiefebene durch ihre Geschlossenheit und den einheitlichen Wert von über 22 Tropentagen hervor. Die Jahresmittel nehmen nach dem Süden weiterhin zu. So kommen in Philippopel und Pleven in Bulgarien ungefähr 50 Tage vor, an denen das Temperaturmaximum 30° C überschreitet. Den höchsten Wert erreicht Mostar mit 77 heißen Tagen. Für Griechenland lagen keine Stationen mit täglicher Messung der Maximaltemperatur vor.

3. Verteilung der heißen Tage in Deutschland auf das Jahr und die Monate Mai bis September

Bei der Karte der heißen Tage von Europa war es nicht möglich, auf Einzelheiten einzugehen oder Gebirge zu berücksichtigen. Bei der Deutschlandkarte der heißen Tage konnte durch die größere An-

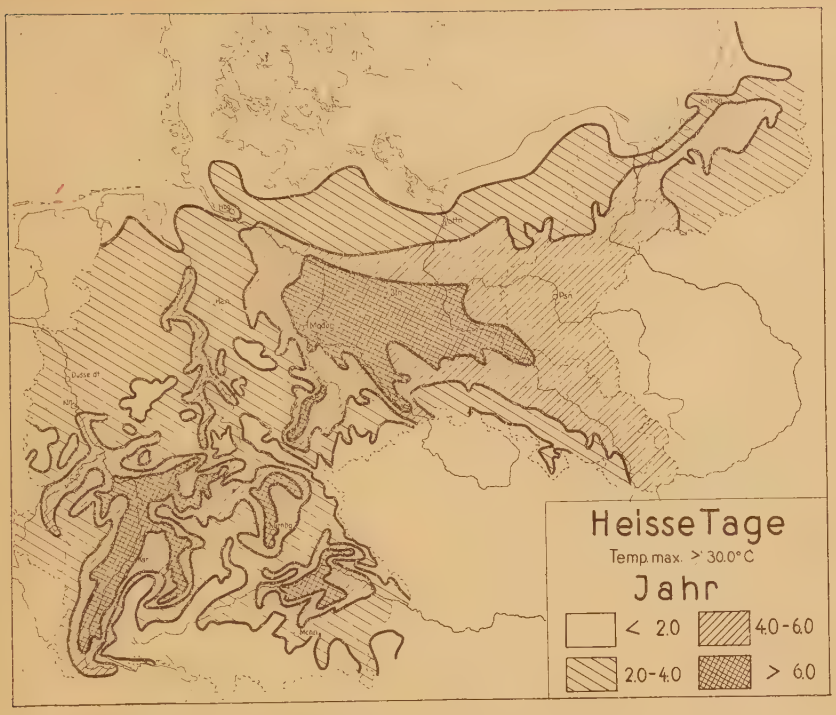
zahl der Stationen auf beides geachtet werden. Jedoch reicht die Anzahl der Stationen noch nicht aus, um eine Karte allein nach den eingetragenen Werten zu zeichnen, sondern man muß sich weitgehend dem Relief anpassen. Außerdem wäre es sehr aufschlußreich, wenn man noch weiter unterteilen und einzelne Gebiete in einem kleineren Maßstab wiedergeben könnte. Auch bei den Gebirgen wäre es interessant, festzustellen, wie sich ihre verschiedenen Seiten verhalten. Hierzu müßte aber das Stationsnetz erheblich dichter sein. Und, da Angleichungen und Korrekturen bei den Maximaltemperaturen nicht vorgenommen werden können, muß für so feine Unterscheidungen die Beobachtungsreihe gleich lang und die Thermometeraufstellung vollkommen einheitlich sein.

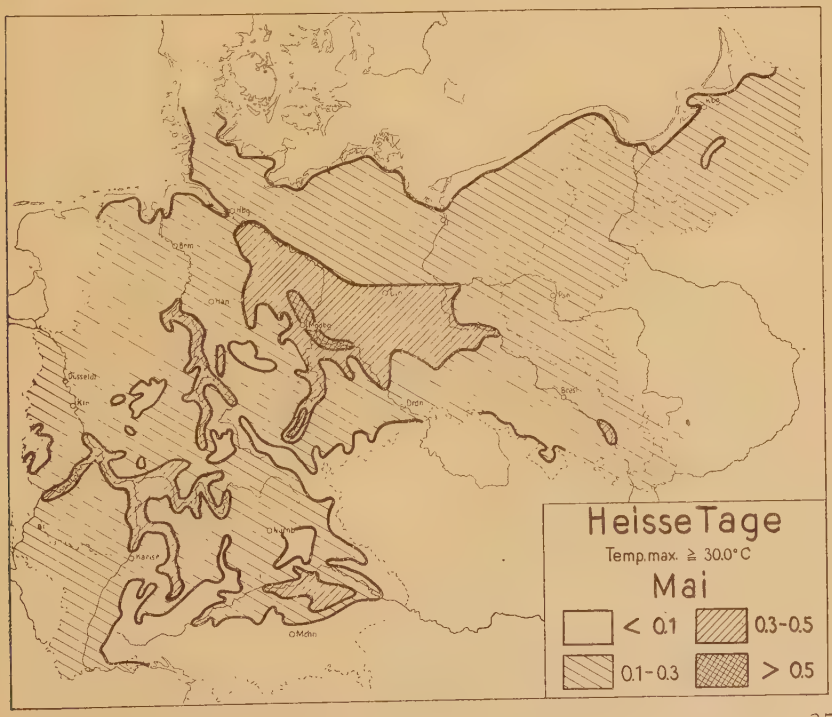
Ebenso wie bei der Europakarte der heißen Tage kann man auch in Deutschland den Einfluß größerer Wasser- und Landflächen feststellen. Wie schon erwähnt wurde, laufen die Linien gleicher Häufigkeit ungefähr der Nord- und Ostseeküste parallel, wobei im Osten der Abstand von der Küste etwas geringer ist als im Westen. Ebenso kann man feststellen, daß in Ost- und Mitteldeutschland mehr heiße Tage — im Jahresdurchschnitt 4 bis 6 — vorkommen, als in Nordwest- und Westdeutschland, wo nur an zwei bis vier Tagen Temperaturmaxima $\geqq 30^{\circ}$ C gemessen werden. In der Nähe der Küste werden noch nicht zwei heiße Tage erreicht.

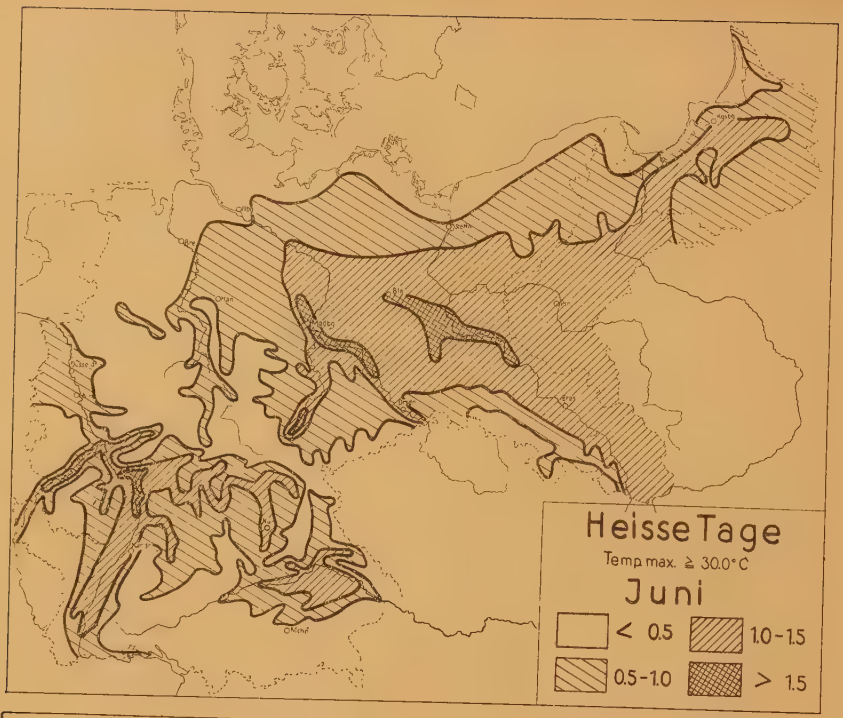
Die Gestaltung der Erdoberfläche tritt ebenfalls hervor. Die Flußtäler liegen fast immer über dem Durchschnitt. Die Gebirge erreichen dagegen den Normalwert nicht und heben sich als Teile Deutschlands heraus, in denen weniger als zwei heiße Tage verzeichnet werden.

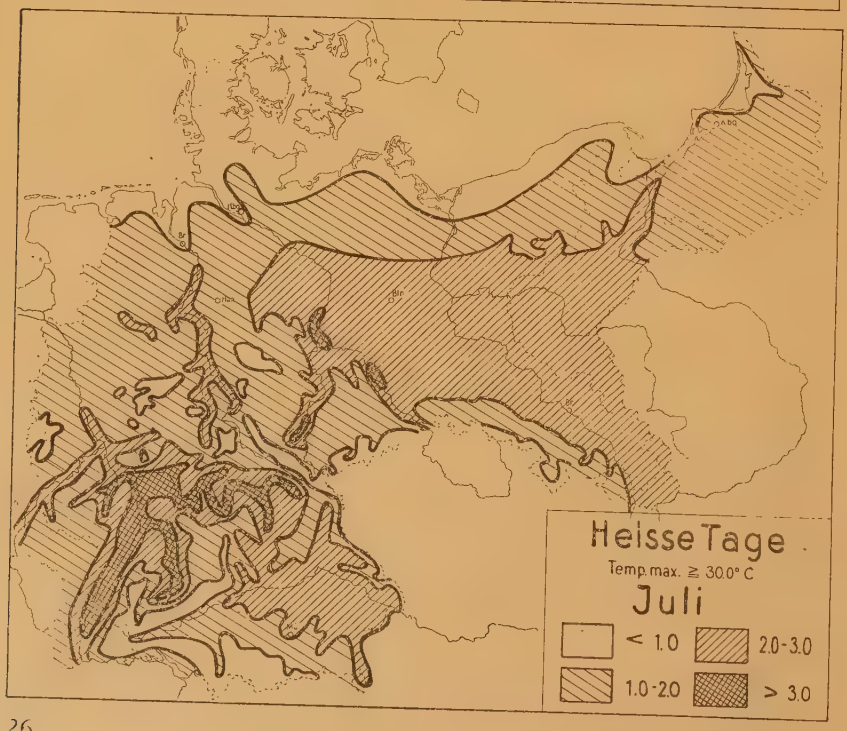
Ebenso wie in Ost- und Mitteldeutschland kommen während eines Jahres durchschnittlich 4 bis 6 heiße Tage im Wesertal, im Donaubecken und im gesamten Rhein-, Main-, Mosel- und Neckargebiet vor. In Teilen dieser Gebiete werden auch Höchstwerte von über 6 heißen Tagen erreicht. So wird zwischen Donau und Isar bei Ingolstadt und Landshut, im Rhein-, Main- und Neckartal zwischen dem 48. und 50. Breitengrad, im Saaletal bei Rudolstadt und Jena sowie am und zwischen dem Mittellauf der Oder und Elbe an mehr als 6 Tagen im Jahr eine Maximaltemperatur $\geqq 30^{\circ}$ C gemessen. Diese Gebiete treten auch sonst, wie wir später sehen werden, bei klimatologischen Karten hervor.

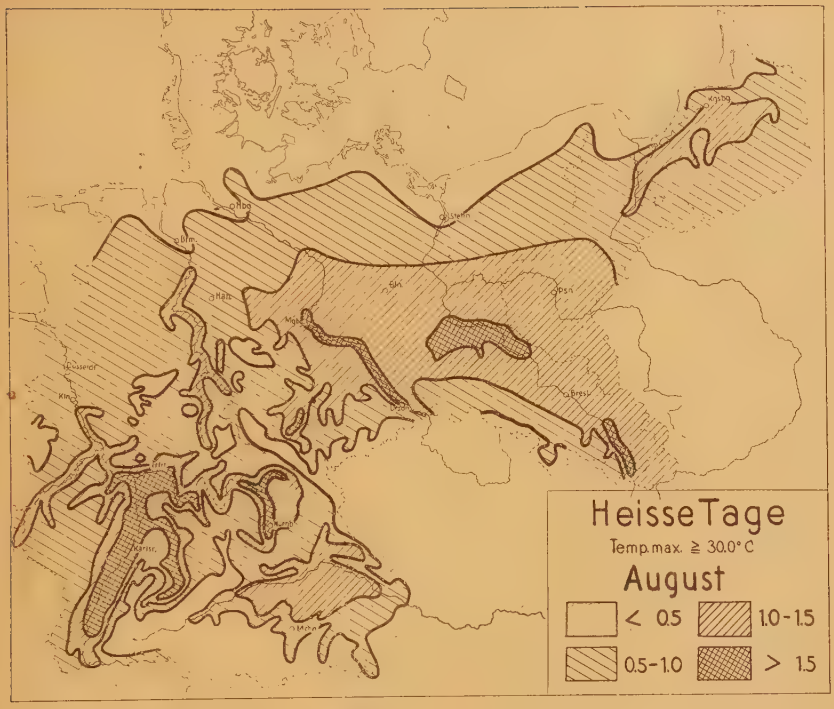
In Deutschland kommen erst im Mai heiße Tage vor. Die frühesten Tage, bei denen Temperaturen von 30° und darüber in einem größeren Gebiet erreicht werden, liegen um den 20. Mai. R. Fischer (7) hat die frühzeitig auftretenden Tropentage von Frankfurt am Main untersucht und dabei nur wenige Tage gefunden, die vor den Eisheiligen — 10. bis 12. Mai — liegen. So konnte als frühester Tag

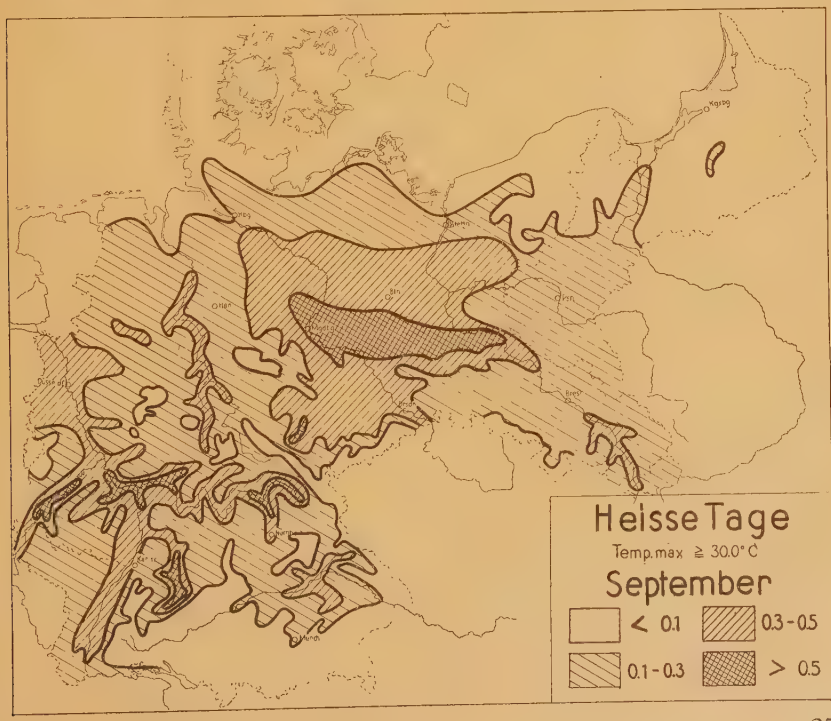

Heisse Tage
Temp. max. > 30.0°C
Jahr
< 2.0
2.0-4.0
4.0-6.0
> 6.0


Heisse Tage
Temp. max. ≥ 30.0°C
Mai
< 0.1
0.1-0.3
0.3-0.5
> 0.5


Heisse Tage
Temp. max. ≥ 30.0° C
Juni
< 0.5
0.5-1.0
1.0-1.5
> 1.5


Heisse Tage
Temp. max. ≥ 30.0° C
Juli
< 1.0
1.0-2.0
2.0-3.0
> 3.0


Heisse Tage
Temp.max. ≥ 30.0° C
August
< 0.5
1.0-1.5
0.5-1.0
> 1.5


Heisse Tage
Temp.max. ≥ 30.0° C
September
< 0.1
0.3-0.5
0.1-0.3
> 0.5

der 1. Mai 1934 festgestellt werden. Doch hat es sich bei einer näheren Untersuchung gezeigt, daß dieser Tag als Kuriosum oder Zufall zu werten ist. Alle umliegenden Stationen wie Hattenheim, Geisenheim, Wiesbaden, Gelnhausen und Darmstadt erreichen an diesem Tage 30° nicht. Durch den späten Einsatz der heißen Tage im Mai ist es erklärlich, daß dieser Monat nur wenig Tropentage aufweisen kann. Die Verteilung in Deutschland ist recht gleichmäßig. Die Gebirge und ein schmaler Streifen längs der Nord- und Ostsee erreichen den Mittelwert 0,1 nicht. Begünstigt ist: Mitteldeutschland, in Ostpreußen ein Teil des Pregel- und Alletales, das Wesergebiet, der Mittelrhein mit Nebenflüssen und in Bayern das schon erwähnte Gebiet am Donauknie. Maximalwerte von über 0,5 heißen Tagen im Durchschnitt werden nur bei Jena und Magdeburg erreicht.

Im Juni macht sich die schnellere Erwärmung von Ostdeutschland bemerkbar. Hier werden im Durchschnitt 1,0 bis 1,5 heiße Tage erreicht. Denselben Wert weist auch das Rhein-Main-Gebiet zwischen dem 48. und 50. Breitengrad auf. Das Gebiet Mitteldeutschlands, das im Mai Höchstwerte erreichte, ist im Juni größer geworden und umfaßt das Elbe-Spree-Gebiet zwischen Berlin—Cottbus—Torgau—Magdeburg—Berlin. Zwischen Ingolstadt und Landshut in Bayern kommen ebenfalls alle drei Jahre mehr als 2 heiße Tage vor. Küste und Gebirge treten im Juni kräftiger hervor.

Im Juli tritt bei der Verteilung der heißen Tage eine Verschiebung ein. Wiederum liegen die bisher erwähnten Gebiete über dem Durchschnitt, doch fehlt diesmal Ostpreußen. In Mitteldeutschland werden außer im Saaletal bei Jena und Rudolstadt Maximalwerte nicht mehr erreicht, während das Rhein-Main-Neckar-Tal stark hervortritt. Hier kommen im Juli mehr als 3 heiße Tage vor. Ebenfalls über diesem Wert liegt das Donau-Isar-Gebiet zwischen Ingolstadt und Landshut.

Wie zu erwarten war, tritt für unsere Breiten im August eine Abnahme ein. Das Bild ist im allgemeinen dasselbe, doch werden in einem Teil von Ostpreußen wieder höhere Durchschnittswerte von 1,0 bis 1,5 erreicht. Auch liegen jetzt wieder das mittlere Elbetal und Teile der Oder bei den Maximalwerten. Diese Höchstzahl von über 1,5 wird ebenfalls im Rhein-Main-Gebiet zwischen dem 48. und 50. Breitengrad und einem Teil Oberbayerns zwischen Donau und Isar erreicht.

Im September tritt insofern wieder eine Änderung ein, indem die hohen Werte von Süddeutschland bis auf wenige Spuren verschwinden. In Mitteldeutschland ist das Gebiet, in dem Höchstwerte erreicht werden, wieder größer geworden. Im allgemeinen sinken die Mittel der heißen Tage wieder auf die Maiwerte herab. Nur in Ost-

preußen und Oberbayern ist der Rückgang stärker. In diesen Gebieten werden keine Temperaturen mehr von 30° und darüber gemessen. Ausgenommen davon ist der Teil am Donauknie. Doch kommen hier Höchstwerte nicht mehr wie in den vorhergehenden Monaten vor. Wie auch in den anderen Monaten liegt das Wesertal über dem Durchschnitt. Nach dem 15. September können wir im allgemeinen in Deutschland nicht mehr auf heiße Tage rechnen. Kommen Temperaturen über 30° auch noch später vor, so sind sie nur auf kleinere Gebiete beschränkt und als Ausnahme zu werten.

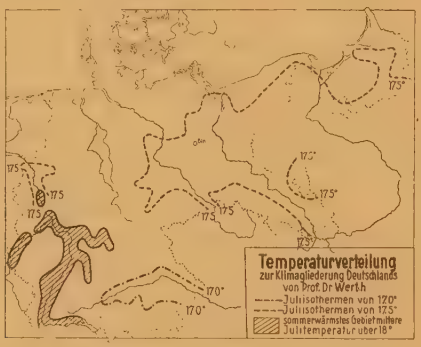
4. Vergleiche mit anderen klimatologischen Karten.

Vergleicht man die Karten der heißen Tage mit anderen klimatologischen Karten Europas und Deutschlands, so findet man mitunter eine gewisse Übereinstimmung. Die Linien, die die Orte Europas mit einem Jahresmittel von 20 heißen Tagen verbinden, umfassen fast nur das Gebiet, das A. Hettner (8) in der Klimakarte von Europa (Seite 101) für das Etesienklima angibt. Auf Seite 68 derselben Arbeit wird eine Karte des jährlichen Sonnenscheins wiedergegeben. Sie weist gemeinsame Züge mit der Karte der heißen Tage auf. Da eine Karte vom Sommerhalbjahr eine bessere Übereinstimmung geben würde, habe ich noch die Karten von Joh. Friedemann (9) herangezogen. In diesen Karten wird die mittlere Bewölkung und Sonnenscheindauer des Mittelmeergebietes wiedergegeben. Doch lassen sie sich nicht mit der Karte der heißen Tage vergleichen, da sie zu sehr in Einzelheiten eingehen.

Die Möglichkeit eines Vergleiches mit klimatologischen Karten von Deutschland war naturgemäß größer. Im Klimaatlas von Deutschland konnte eine Ähnlichkeit mit der Karte der trüben Tage festgestellt werden, wobei die Gegenden mit den meisten heißen Tagen die geringste Zahl an trüben Tagen aufweisen. Bei den Linien gleicher mittlerer Bewölkung treten in den Sommermonaten die Gebiete mit mehr Tropentagen ebenfalls durch geringere Bewölkung hervor. Aus diesen Vergleichen kann man die Folgerung ziehen, daß auch Bewölkung und Sonnenscheindauer Einfluß auf die Häufigkeit der heißen Tage haben.

Wie zu erwarten war, kommt die Verteilung der mittleren Zahl der Sommertage in Deutschland der der Tropentage am nächsten. Und zwar stimmt die Jahreskarte der Sommertage mit der Julikarte der Tropentage am besten überein. Ebenfalls ergibt auf einer neueren Karte des Reichsamtes für Wetterdienst über die mittleren Monatsmaxima ein fast gleiches Bild wie bei den heißen Tagen. Außerdem gebe ich eine Karte von E. Werth (10) wieder, in der die Juliisothermen (nicht reduziert) von 17°, von 17,5° und das sommerwärmste Gebiet Deutschlands mit einer mittleren Julitemperatur von

über 18° C eingetragen sind. Man sieht hierbei, daß das sommerwärmste Gebiet sich fast mit den Teilen Deutschlands deckt, in denen im Juli Temperaturmaxima ≧ 30° C mehr als an drei Tagen vorkommen. Die Juliisotherme von 17,5° C deckt sich ungefähr mit dem Teil Mittel- und Ostdeutschlands, wo an zwei bis drei Tagen Temperaturen über 30° im Juli erreicht werden. Das Donaugebiet tritt durch die 17°-Isotherme bei E. Werth ebenfalls hervor. Auch bei den anderen Karten dieser Arbeit findet man immer wieder Übereinstimmungen. Eine Ähnlichkeit besteht auch zwischen der Julikarte der heißen Tage und der phaenologischen Karte von H. Schrepfer (11), die den Hochsommereinzug (Ernte des Winterroggens) in Deutschland wiedergibt.



Außerdem wurde ein Entwurf zur Jahreskarte der heißen Tage im Reichsamt für Wetterdienst verglichen, zu dem nur die Mittelwerte bis 1925 benutzt wurden. Obgleich die Mittel aus einer um 5 Jahre kürzeren Reihe stammen, haben sie sich nur wenig geändert, und der Entwurf ergab fast dieselbe Darstellung.

Weiterhin wäre es interessant, festzustellen, ob zwischen der Häufigkeit der heißen Tage und der der tropischen Luftmassen ein Zusammenhang besteht. Hierzu müßte die Häufigkeit der verschiedenen Luftmassen an den einzelnen Orten untersucht werden. Für Europa liegt noch keine Arbeit darüber vor. Nur E. Dinies (12) hat für einige deutsche Stationen diese Arbeit durchgeführt, doch ist der untersuchte Zeitraum 1929/30 für einen Vergleich zu kurz. F. Linke hat nach neuerem Material von E. Dinies in den Bioklimatischen Beiblättern der Meteorologischen Zeitschrift 1937, Heft 3, Seite 101, eine Zusammenstellung der Luftmassenhäufigkeit in Deutschland veröffentlicht. Danach entspricht der prozentuale Anteil der cTL + mTL in den Jahren 1929 bis 1936 ungefähr dem langjährigen Durchschnitt an heißen Tagen (Tabelle IV a). Nur bei Bremen und Hamburg ist der Durchschnitt der heißen Tage zu niedrig. In

Tabelle IV b wird das Mittel der heißen Tage von 1929 bis 1935 die Häufigkeit der TL in den Sommermonaten und die der cTL und mTL in den Monaten Mai bis September für einige Stationen wiedergegeben. Eine gewisse Übereinstimmung läßt sich auch hier feststellen.

Tabelle IV a.

Mittlere Häufigkeit der TL und der der heißen Tage.

	T	cTL	mTL	Summe	cTL+mTL	Langj. Mittel d. heiß. Tage
Bremen	2,2	0,3	5,5	8,0	5,8%	1,9
Hamburg	2,0	0,6	4,6	7,2	5,2	1,4
Königsberg	3,4	1,8	1,7	6,9	3,5	3,7
Magdeburg	3,2	0,9	4,4	8,7	5,3	8,4
Berlin	3,8	1,2	3,7	8,7	4,9	7,2
Frankfurt/M	3,2	0,4	6,7	10,3	7,1	7,2
Dresden	4,9	1,5	4,1	10,5	5,6	6,5
Breslau	5,3	2,2	2,7	10,2	4,9	4,8
Stuttgart	3,8	0,3	5,7	9,8	6,0	7,0
München	3,3	0,8	3,3	7,4	4,1	3,4

Bei der Tabelle IV a stimmt das Mittel der heißen Tage bei Magdeburg und Berlin mit der Summe der TL überein, während sonst die Übereinstimmung mit cTL + mTL immer vorhanden ist.

Tabelle IV b.

Häufigkeit der TL in den Sommermonaten und die der heißen Tage.

	Sommerhalbjahr Summe d. TL	Mai—Septbr. cTL+mTL an	Heiße Tage, Mittel von 1929 bis 1935
Bremen	7	7 Tagen	3,0
Magdeburg	12	11 „	11,4
Berlin	13	11 „	10,0
Frankfurt/M.	13	13 „	13,3
Breslau	15	12 „	8,8
Königsberg	12	10 „	1,8

Nur bei Königsberg stimmen die Werte in keiner Weise überein. Bei Breslau ist die Summe der TL in den Sommermonaten sehr hoch. Der Unterschied bei Bremen dürfte reell sein, da man hier den Einfluß des Meeres berücksichtigen muß. Ich habe zum Vergleich die Sommermonate Juni bis August herangezogen, da, wie wir später sehen werden, für Maximaltemperaturen über 30° C in den Monaten Mai und September ein bestimmter Gesamtwärmewert in ungefähr

1000 m vorhanden sein muß. Auch muß man sich darüber klar sein, daß nicht jede TL in den Sommermonaten ein Temperaturmaximum $\geq 30^{\circ}$ C bedingt, da hierzu noch verschiedene andere Bedingungen erfüllt sein müssen. (Siehe auch Kapitel V.)

III. C. Zusammenfassung

Aus dem unter A. und B. Gesagten ergibt sich, daß die Häufigkeit der heißen Tage allgemein mit der Nähe großer Wasserflächen, mit der Höhe und der geographischen Breite abnimmt. Höhere Werte erreichen Täler und abgeschlossene Ebenen. Schlüsse auf die Zahl der heißen Tage lassen sich nicht aus dem Jahres- oder Monatsmittel der Temperatur ziehen, sondern nur die mittleren Extremtemperaturen lassen Folgerungen zu. Die mittlere Bewölkung und Sonnenscheindauer in den Sommermonaten ist ebenfalls maßgebend. Eine gewisse Anzahl heißer Tage ist nicht unbedingt an eine bestimmte Breite oder Höhe gebunden. Bei der geographischen Breite können Verschiebungen bis zu 10° vorkommen. In gleicher Breite ergeben sich Unterschiede bei der Höhe bis zu 600 m. Maßgebend für die Häufigkeit der heißen Tage ist vor allem, ob die Station auf einer konkaven oder konvexen Erdoberfläche liegt, wie groß der Einfluß größerer Wasser- oder Landflächen ist, welche Höhe sie über der umgebenden Ebene besitzt, wie groß die mittlere Sonnenscheindauer und die Sonnenhöhe in den Sommermonaten ist und welche Luftmassen hauptsächlich in diesen Monaten vorkommen.

IV. Vorbedingungen, Entwicklung und Abbau hoher Temperaturen in Deutschland

1. Beginn und Ausbreitung der heißen Tage.

Um die Vorbedingungen für Temperaturen über 30° in Deutschland zu bestimmen, wurden die Jahre 1926 bis 1935 untersucht. Bei den Karten, die für die zu untersuchenden heißen Tage entworfen wurden, zeigte es sich, daß die Mehrzahl der Fälle im Westen bis Südwesten von Deutschland entstehen und sich ostwärts weiter entwickeln. Ebenfalls werden sie von Westen aus abgebaut. Von Mitteldeutschland aus erhält die Entwicklung der heißen Tage häufig eine Südkomponente, so daß Ostpreußen weniger berührt wird. Weiter findet man, daß die Dauer einer Periode im allgemeinen nach Osten zu abnimmt, da die Entwicklung langsamer vor sich geht als der Abbau. Diese Benachteiligung von Ostdeutschland wird aber zum Teil durch die Fälle ausgeglichen, die auf Mitteldeutschland und den Osten beschränkt bleiben. Eine Zusammenstellung ergibt, daß in Deutschland am häufigsten ein bis zwei Tage mit einem Temperaturmaximum $\geqq 30^{\circ}$ vorkommen. (Tabelle V.)

Tabelle V.

Anzahl d. Fälle mit:	ein	zwei	drei	vier	fünf	sechs und mehr heißen Tagen
51	14	17	9	2	5	4
in %	27,4	33,3	19,6	3,9	9,8	7,8.

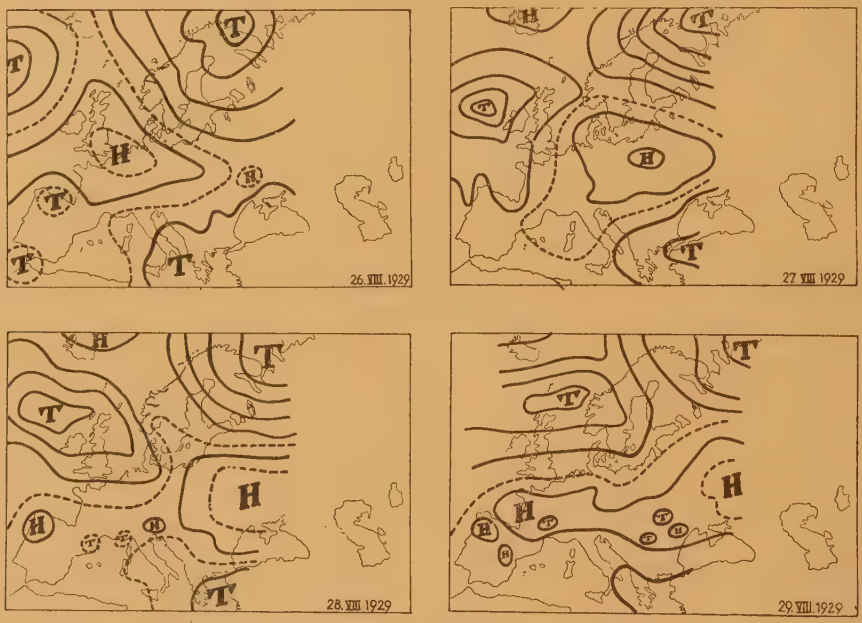
In den untersuchten 10 Jahren wurden die meisten zusammenhängenden heißen Tage in einem kleinen Gebiet zwischen Mainz und Neuwied erreicht. Es kommt hier eine Reihe von 10 heißen Tagen vor, die sich für das Mittelrhein-Main-Mosel-Tal nur um einen Tag verkürzt. Von 37 Fällen mit mehr als einem Tropentag beginnen 25 im Westen, 7 in Mitteldeutschland, 4 im Osten und 1 im Norden. Eine Entwicklung von Ost nach West kommt aber nur einmal vor. Der Abbau beginnt im allgemeinen im Westen bis Nordwesten von Deutschland.

2. Druckverteilung und -Änderung.

Für den Druckverlauf an Tagen mit Temperaturen über 30° ergeben sich drei Möglichkeiten:

Im ersten Falle erfolgt ein kräftiger Vorstoß des Azorenhochs nach Mitteleuropa. Bald darauf wird ein selbständiges Hoch über Deutschland abgetrennt, das stationär bleibt oder nur geringe Ostwärtsbewegung besitzt. Durch Erwärmung wird das Hoch langsam abgebaut. Aber erst, wenn seine Kraft soweit geschwächt ist, daß der

Zerfall stärker einsetzt und das Vordringen eines Tiefs möglich wird, kommt es zu Temperaturmaxima von 30° und darüber. An Stelle des Zerfalls kann das Hoch sich auch so verlagern, daß Deutschland oder Teile davon an seiner West- oder Südwestseite in das Übergangsgebiet zu einem Tief zu liegen kommt. Das Beispiel vom 28. August 1929 stellt einen solchen Fall dar. Der Vorstoß des Azorenhochs fand vor dem 26. August statt. Am 26. beginnt schon die Loslösung eines selbständigen Hochdruckgebietes. Am 27. finden wir über Mitteleuropa eine dynamische Antizyklone vor, an deren Nordost- und Westseite sich je ein Tief befindet. Der Kern des Hochs liegt über Ostdeutschland. Am 28. hat sich die Anti-



Entnommen wurden die Druckkarten aus den Hamburger Seewartenkarten vom 26. August 1929 bis 29. August 1929.

zyklone nach Osten verlagert und ist leicht abgebaut worden. Das atlantische Tief über Groß-Britannien drängt nach und an seiner Vorderseite zwischen Hoch und Tief kommt es zu Temperaturen über 30°, die am 29. August nicht mehr erreicht werden, da an der Nordseite des Hochdruckrückens kühle maritime Luftmassen entlangströmen und Deutschland in ihrem Bereich liegt.

Im zweiten Falle dringt das südrussische Hoch vor. Die Entwicklung ist hierbei wieder dieselbe. Immer erst, wenn die Loslösung

eines Hochs über Mitteleuropa und dessen Abbau erfolgt, kommt es zu Temperaturen über 30°. Je nachdem wie schnell ein Zerfall fortschreitet und wieweit ein Tief Einfluß gewinnt, desto länger oder kürzer ist die Dauer der heißen Tage. Für den Fall zwei wurde ein Beispiel genau ausgearbeitet, das später eingehend besprochen werden soll.

Drittens kommt es gelegentlich vor, daß Temperaturen über 30° im warmen Sektor eines Tiefs erreicht werden. Hierbei muß aber der Warm-Sektor gut ausgebildet sein und mTW einströmen, bei der noch eine Erwärmung durch Absinken hinzukommt. Diese Fälle sind aber selten, da über Deutschland schon größtenteils der warme Sektor verschwunden und Okklusion eingetreten ist. Bei der Bearbeitung ergab sich, daß die meisten heißen Tage in den Jahren auftreten, in denen das Azorenhoch am aktivsten ist und am häufigsten nach Mitteleuropa vorstößt.
Kommen mehrere (über 3 in demselben Teil Deutschlands) heiße Tage hintereinander vor, so können die Gebiete, in denen Temperaturen über 30° auftreten, auch im Bereich des hohen Druckes verbleiben, doch muß hierbei die kühle Bodenluft durch subtropische Warmluft schnell verdrängt werden. Hierbei kann man feststellen, daß fast immer wenige Tage zuvor ebenfalls Temperaturmaxima ≧ 30° vorgekommen sind. Die Kaltluftschicht ist daher ziemlich seicht und kann sehr schnell durch Austausch und Einstrahlung umgewandelt werden.

3. Luftmassen bei Temperaturen über 30° in Deutschland.

Bei dem zweiten Teil dieser Arbeit wurde nicht so sehr viel Wert auf die Höhe des Druckes und seine Änderung gelegt, da hierüber schon Arbeiten vorhanden sind. Ganz besonders sollte die Temperatur und die relative Feuchte bis 5000 m untersucht werden. Da

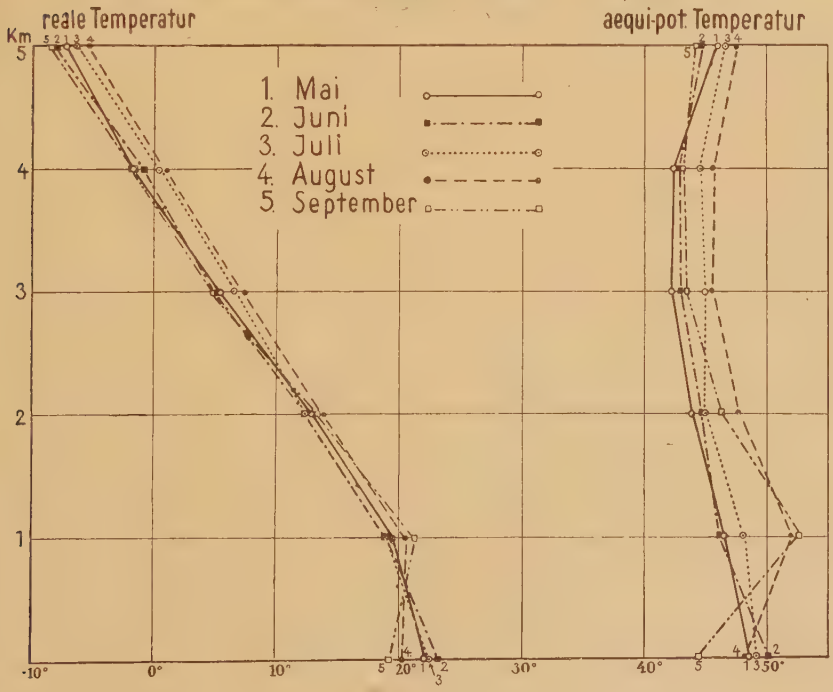
sich aus den beiden Faktoren die Eigenart einer Luftmasse zusammensetzt, wurde die Luftmasse aus der aequivalent-potentiellen Temperatur ebenfalls bestimmt. Hierbei wurde die Luftmasse des Vortages, der heißen Tage und des Nachtages für die am Anfang der Arbeit erwähnten Flugwetterstellen (Seite 13) bis 5000 m untersucht. Da ja die konservative Eigenschaft einer Luftmasse, wie sie die aequivalent-potentielle Temperatur darstellt, immer gleich bleibt, konnten die gefundenen Werte ohne weiteres für sämtliche Stationen in den einzelnen Monaten gemittelt werden. Bei der Bestimmung der Luftmassen zeigte es sich, daß an heißen Tagen fast immer Tropikluft (TL) vom Boden bis über 5000 m vorhanden ist. Gelegentlich kam auch gemäßigt warme Luft vor (GTW). Doch waren diese Fälle selten, und mehrere aufeinanderfolgende Tage mit einem Temperaturmaximum von 30^0 wurden in GTW, nicht festgestellt. Auch war das Gebiet, in dem so hohe Temperaturen gemessen wurden, in diesem Falle ziemlich klein und nicht einheitlich geschlossen. Weiter ergab sich noch, daß die stabile Schichtung, wie wir sie später kennenlernen werden, nur bei TL auftritt, da bei gemäßigt warmer Luft immer eine starke Bodenüberhitzungsschicht vorhanden ist. Bei den Mittelwerten für die einzelnen Monate sieht man ebenfalls, daß die aequivalent-potentielle Temperatur immer den Werten der Tropikluft entspricht und immer über der mittleren Homologen liegt, wie sie im Thetagrammpapier von Moese u. Schinze angegeben ist. Am Vortage findet man im allgemeinen bis 1500 oder 2000 m eine GTW vor. Daran schließt sich eine lange Übergangsschicht bis 4000 m und darüber an. Von dieser Höhe ab kann man am Vortage die TL feststellen. Bis zum Morgenaufstieg des heißen Tages ist durch Einstrahlung und Austausch der Rest der kühleren Luft in TL umgewandelt oder durch TL verdrängt worden. In allen Fällen kann man vom Boden bis 5000 m an den heißen Tagen eine einheitliche tropische Warmluft feststellen, die nur durch die nächtliche Ausstrahlung eine geringe Störung bis ungefähr 500 m aufweist. Am häufigsten kommt das Vordringen der TL in Frage, da zur Umwandlung einer Luftmasse eine längere intensive Einstrahlung nötig ist. Wie wir später bei der Bewölkung sehen werden, kommt ein wolkenfreier Himmel nicht sehr häufig vor. Im allgemeinen findet man, daß eine mittlere Bewölkung vorherrscht. Bei den Mittelwerten des Nachtages ergibt sich die eigenartige Tatsache, daß man von einem „Kaltlufteinbruch" eigentlich nicht sprechen kann. Im allgemeinen finden wir bis 1000 m eine gemäßigt warme Luft, während von 1500 m an schon wieder Tropikluft vorhanden ist, die aber im Gesamtwärmeinhalt kühler ist als an den heißen Tagen. Die Unterschiede der wahren Temperatur und relativen Feuchte werden in einem späteren Kapitel eingehender behandelt. Das, was man bei den Mittelwerten findet,

konnte auch an den Einzelwerten festgestellt werden. Es ergab sich, daß ein ausgesprochener „Kaltlufteinbruch" am Nachtag nur selten vorkam. In dem im Anhang angeführten Beispiel liegt ein Kaltlufteinbruch vor, wie er in diesem Ausmaße nur einmal in den 10 Jahren nach heißen Tagen zu finden ist.

Betrachtet man die einzelnen Monate, in denen 30° erreicht oder überschritten werden, für sich, so kann man gewisse Unterschiede feststellen. Im Mai müssen die aequivalent-potentiellen Werte erheblich über dem Durchschnitt liegen, um ein Temperaturmaximum von 30° hervorzurufen. Daher ist es auch erklärlich, daß erst im letzten Maidrittel so hohe Temperaturen in einem größeren Gebiet vorkommen, da am Anfang des Monats der Wärmewert einer Luftmasse noch nicht so hoch ist. Im Juni liegt der Mittelwert der TL an heißen Tagen wohl auch noch über der Normalhomologen, doch ist der Unterschied nicht mehr so groß. Vor allem kann man gegenüber dem Mai feststellen, daß der Durchschnittswert des Vortages noch nicht ausschließlich innerhalb dem der TL liegt.

Im Juli liegt das Mittel noch näher an der von Moese und Schinze angegebenen Homologen. In diesem Monat kommt es auch vor, daß

Mittelwerte aller heißen Tage für Mai bis September



Temperaturen über 30° in GTW erreicht werden. Hier sieht man besonders deutlich, daß der Nachtag von 1500 m ab eine einheitliche Tropikluft aufweist, während bis zu 1000 m eine gemäßigt warme Luftmasse vorhanden ist.
Im August und September entspricht das Thetagramm am meisten dem, wie es G. Schinze für die dynamische Antizyklone als Beispiel gibt. Besonders auffallend in diesen Monaten ist der hohe Wert der aequivalent-potentiellen Temperatur von 500 bis 1500 m. Hier muß vor allem eine kräftige Erwärmung im September vorangehen, ehe am Boden Temperaturen über 30° erreicht werden können. (Vergleiche die beigegebenen Diagramme.)
Interessant ist auch die Tatsache, daß an den heißen Tagen der Unterschied zwischen den einzelnen Monaten bei dem Durchschnitt der aequivalent-potentiellen Temperatur nur sehr gering ist. Hierdurch dürfte die Vermutung, daß ein Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der heißen Tage und der der Tropikluft besteht, eine gewisse Bestätigung gefunden haben. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß in den Grenzmonaten, Mai und September, ein bestimmter Gesamtwärmewert überschritten werden muß. Doch um genaue Werte festzulegen, müßte das Material erheblich größer und für die verschiedenen Breitengrade in Europa vorhanden sein. Den Zusammenhang zwischen Temperatur und Luftmasse in Deutschland hat E. Dinies schon nachgewiesen (13).

4. Änderung der Temperatur und relativen Feuchte vom Boden bis 5000 m.

a) Änderung vom Vortag zum heißen Tag.

Wie wir soeben bei der Bestimmung der Luftmasse gesehen haben, stellt das Thetagramm an den heißen Tagen den Tpy der dynamischen Antizyklone dar. Es konnte ferner festgestellt werden, daß an Tagen mit Temperaturen von 30° und darüber fast immer ein Absinken und Austrocknen der Luftmasse eingetreten ist. Daher kommt es, daß mTL häufig in TcL umgewandelt wird. Ein Faktor, den man bei der Bestimmung einer Luftmasse berücksichtigen muß, besonders solange man sich noch nicht völlig einig ist, ob der Ursprung oder der Zustand einer Luftmasse maßgebend ist.
H. Thomas (14) zeigt, daß einer starken vormittägigen Erwärmung am Boden ein kräftiger Temperaturanstieg in 1000 m vorangeht und ein Absinken um 500 m eingetreten ist. Die große Temperaturzunahme am Vormittag ist an den heißen Tagen immer vorhanden. Ferner ist nach H. Thomas hierzu ein geringer Temperaturgradient bis 1000 m oder eine Bodeninversionsschicht nötig. Bei der Untersuchung der heißen Tage ergibt sich im allgemeinen eine Temperaturumkehr vom Boden bis ungefähr 500 m, die in ihrem höchsten

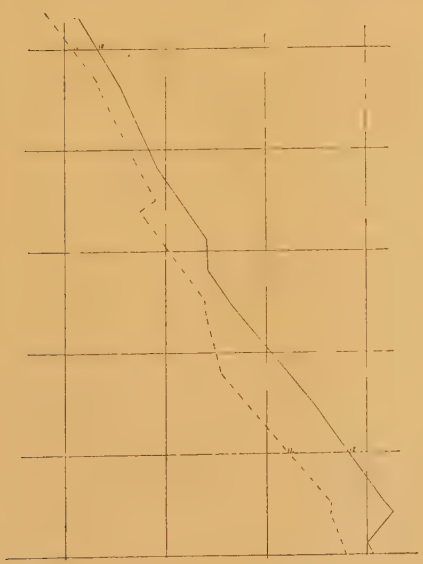
Wert 22° C überschreitet. Die Höhe der Bodeninversion ist örtlich verschieden. Auch in den einzelnen Monaten kann man einen Unterschied bei Temperatur und Höhe feststellen. In Tabelle VI wurde die Höhe der Bodeninversion (h) in 100 m und die Temperatur am Ende der Inversion (t) wiedergegeben. In den Monaten Mai und Juni findet man an Stelle der Inversion häufig Isothermie.

Tabelle VI.

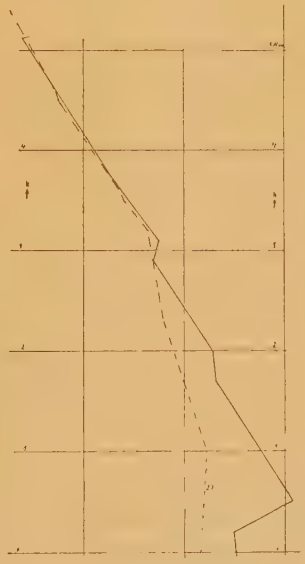
Höhe der Bodeninversion und Temperatur am Ende der Inversion.

Monat	Berlin		Darmstadt		Hamburg		Königsberg	
	h	t	h	t	h	t	h	t
Mai	5,8	22,0	8,6	21,6	6,0	23,5	2,7	24,3
Juni	4,6	22,2	9,2	21,9	6,6	21,8	3,1	23,3
Juli	4,6	23,1	7,9	21,6	4,2	22,5	3,5	24,4
August	4,0	23,7	7,5	22,7	4,4	23,1	—	—
September	4,3	24,3	7,5	23,2	5,0	24,3	—	—
Mittel	4,5	23,0	8,1	22,2	5,2	22,6	3,1	24,0

Im Durchschnitt ergibt sich am Ende der Bodeninversion eine potentielle Temperatur von über 27°. Bei Darmstadt liegt ihr Wert höher, da hier die Inversion bis reichlich 800 m hinaufreicht.



Änderung der Temperatur vom 17. Juni 1934, 8 Uhr (Vortag), zum 18. Juni, 8 Uhr, in Berlin. Beispiel für den Fall, wo es mehr als einmal zu Temperaturen ≧ 30° kommt.



Änderung der Temperatur vom 27. August (Vortag) zum 28. August 1929 (heißer Tag) in Hamburg. Beispiel für den Fall, wo es nur einmal zu Temperaturen max. ≧ 30° kommt.

Eine Zunahme der Temperatur kann man gegenüber dem Vortage an heißen Tagen bis 5000 m feststellen. Zwischen 500 m und 1500 m ist die Erwärmung am größten. Sie erreicht hier Werte von 5° C, die sehr gut mit der Ansicht von Thomas übereinstimmen, da ein Absinken um 500 m eine Erwärmung von 5° bedingt. Von 2000 m ab ist die Zunahme der Temperatur geringer und beträgt in 4000 bis 5000 m noch etwas über 3°. Die relative Feuchte hat von 500 m an im Durchschnitt um 10% abgenommen. In Tabelle VII wurde die Zunahme der Temperatur und die Abnahme der Feuchte vom Vortag zum heißen Tag ermittelt. Da es sich aber später zeigte, daß bei nur einem heißen Tage und dem letzten heißen Tage einer Reihe Störungen in der Höhe auftreten, wurden nur solche heiße Tage gewählt, denen wiederum ein Tag mit einem Temperaturmaximum von über 30° folgt. Außerdem wurde die Änderung zum letzten heißen Tage und die zum Nachtag wiedergegeben. Diese beiden Tage werden später noch näher besprochen werden.

Tabelle VII.

Änderung der Temperatur und relativen Feuchte in den verschiedenen Höhen.

Änderung	h	0 m	500 m	1000 m	1500 m	2000 m	3000 m	4000 m	5000 m
v. Vortage	△t	+ 3,5	+ 4,7	+ 5,1	+ 4,8	+ 4,1	+ 3,6	+ 3,0	+ 3,1
z. heiß. T.	△R	− 3,8	− 9,8	−12,6	−10,2	−10,2	− 8,9	− 9,4	− 5,7
v. heiß. T.	△t	+ 0,6	+ 0,8	0,0	− 0,2	− 0,9	− 1,2	− 2,0	− 2,6
z. letzt. h. T.	△R	+ 1,4	+ 1,0	+ 2,2	+ 2,0	+ 4,6	+10,4	+13,6	+11,4
v. letzt. h. T.	△t	− 3,0	− 6,0	− 5,1	− 3,8	− 3,0	− 1,8	− 1,5	− 0,6
z. Nachtage	△R	+13,0	23,5	16,0	15,0	16,0	15,3	13,2	10,4

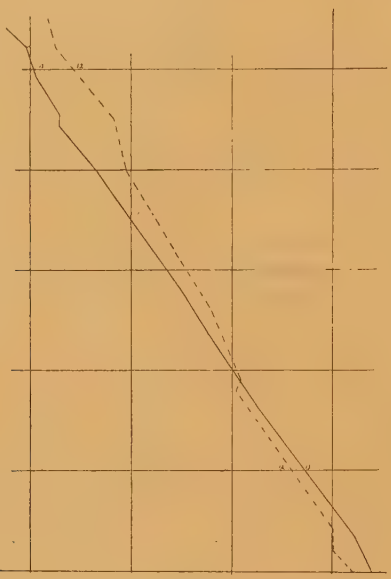
△t = Änderung der Temperatur in °C.
△R = Änderung der Feuchte in %.

Der Temperaturgradient ist gegenüber dem Vortage in den unteren Luftschichten kleiner geworden. Vom Boden bis 1000 m nimmt die Temperatur im Durchschnitt um 0,16 Grad pro 100 m ab. Durch die starke Zunahme der Temperatur in der Höhe erhält man bei 1000 m eine potentielle Temperatur von fast 30°. Es ergibt sich also, daß für eine Bodentemperatur von 30° nur die Luftschicht bis 1000 m erwärmt zu werden braucht. Da der Gradient so gering ist und bis 500 m im allgemeinen eine Temperaturumkehr vorkommt, ist es nur nötig, eine kleine Luftschicht zu erwärmen. Und es ist erklärlich, daß hierzu eine geringe Wärmemenge erforderlich ist, da ja eine

Konvektion erst einsetzen kann, wenn am Boden Temperaturen über 30° erreicht wurden. Dies ist besonders wichtig, weil, wie wir später sehen werden, ein wolkenfreier Himmel an heißen Tagen gar nicht so häufig ist, wie man eigentlich annehmen möchte. Es kommen sogar Fälle vor, bei denen 30° überschritten werden, wenn der Himmel zu 8/10 bedeckt ist.
Eine Vertikalbewegung der Luft kann nur eintreten, wenn am Boden die Temperaturen erheblich über 30° gestiegen sind, da in 2000 m die potentielle Temperatur 32,6° und in 3000 m 36,3° beträgt. Das ergibt eine nicht erwartete, stabile Schichtung, die sich nur am letzten heißen Tage und bei der Ausbildung von nur einem heißen Tage ändert. Dies finden wir auch wieder, wenn wir untersuchen, in welcher Höhe die Wolkenuntergrenze an den verschiedenen heißen Tagen liegt. Hierauf wird später noch näher eingegangen werden. Anders liegen ebenfalls die Verhältnisse, wenn mehr als 30° bei einer GTL erreicht werden. Hierbei ist die Ausbildung einer Bodenüberhitzungsschicht unbedingt erforderlich, wodurch eine kräftige Vertikalbewegung einsetzt und es zur Bildung von Wärmegewittern kommt, die aber meist örtlich bedingt sind.

b) Änderung zum letzten heißen Tage einer Reihe.
Das Ende der Reihe von heißen Tagen kann man schon bei dem Morgenaufstieg des letzten heißen Tages feststellen. In Tabelle VII ist die Änderung zum letzten heißen Tage einer Reihe ebenfalls angegeben. Während bis 1000 m die Temperatur nur wenig zunimmt, tritt von dieser Höhe an eine Abnahme ein, die in 5000 m am größten ist. Hier wird die Luft im Mittel um 2,6° abgekühlt. Die relative Feuchte nimmt in allen Höhen zu. In 4000—5000 m ist die Zunahme am ausgeprägtesten und beträgt 11—13%. Es ist dabei besonders hervorzuheben, daß noch keine Konvektion eingesetzt hat, da ja beim 8-Uhr-Aufstieg die Erwärmung am Boden noch nicht weit genug fortgeschritten ist und man um diese Zeit fast noch immer eine Bodeninversion feststellen kann. Die aequivalent-potentielle Temperatur zeigt ebenfalls, daß von 3000 m ab eine kühlere Luftmasse beginnt. Wenn es zur Ausbildung von nur einem heißen Tag kommt, sind diese Vorgänge stark zusammengedrängt, so daß sie nur bei mehreren Aufstiegen an einem Tage festgestellt werden können. Die kräftige Erwärmung in 1000 m und die Abkühlung in der Höhe überschneiden sich häufig. In 5000 m Höhe kann man bei den Morgenaufstiegen nur eine geringe Temperaturzunahme oder mitunter auch schon eine Abnahme gegenüber dem Vortage finden. Durch die Temperaturzunahme am Boden und die Temperaturabnahme in der Höhe ergibt sich ein Temperaturgradient am letzten heißen Tage, der gegenüber den anderen heißen Tagen größer ge-

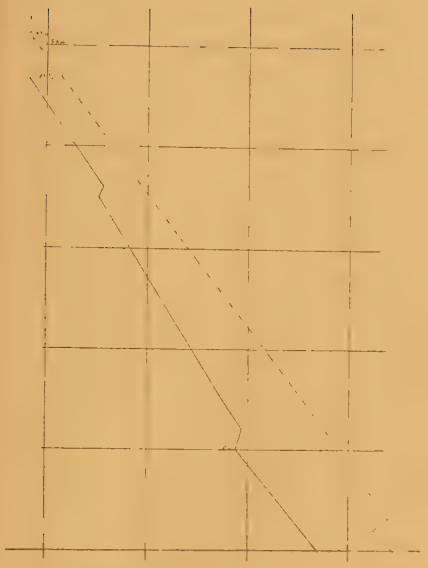
worden ist. Im Juni findet man zwischen 1000 und 1500 m eine Temperaturabnahme von durchschnittlich 0,85 Grad pro 100 m und im September reicht dieser hohe Temperaturgradient bis 3500 m hinauf. In den anderen Monaten ist er nicht so ausgeprägt, doch nimmt die Temperatur im Durchschnitt um 0,1° stärker ab als an den Tagen davor.



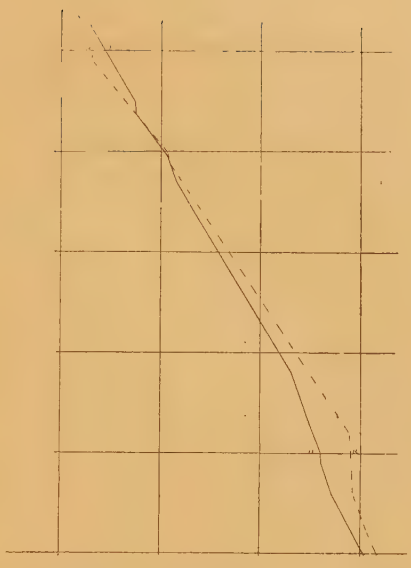
Änderung der Temperatur vom 12. Juli 1932, 8 Uhr (vorletzter heißer Tag), zum 13. Juli, 8 Uhr (letzter heißer Tag), in Hamburg. Beispiel für die Abnahme der Temperatur in der Höhe am letzten heißen Tag.

c) Änderung vom letzten heißen Tage zum Nachtage.

Die Abkühlung vom letzten heißen Tage zum Nachtage ist in der Höhe nur gering. Sie beträgt von 3000 m an ungefähr 1,5° und in 5000 m 0,6°, während die Feuchte um 13% zunimmt. Doch ein wesentlicher Unterschied besteht darin, daß wir an den heißen Tagen gealterte, ausgetrocknete oder rein kontinentale subtropische Warmluft vorfinden, während sich am letzten heißen Tage in der Höhe kühlere maritime Luft bemerkbar macht. Die maritime Luftmasse hat die trockene kontinentale Luft am Nachtage verdrängt und reicht jetzt ungefähr bis 1500 m herab. Der Gesamtwärmeinhalt der beiden Luftmassen ist nur wenig verschieden, da ja der Temperaturabnahme eine Feuchtezunahme gegenübersteht. Daß es sich um neue, vordringende Luftmassen handelt, sieht man daraus, daß die



Änderung der Temperatur vom 1. Juni 1931 (letzter heißer Tag) zum 2. Juni (Nachtag) in Königsberg. Beispiel für einen kräftigen Kaltlufteinbruch bis in größere Höhen.



Änderung der Temperatur vom 12. Juli 1932, 8 Uhr (letzter heißer Tag), zum 13. Juli, 8 Uhr (Nachtag), in Darmstadt. Beispiel für eine geringe Temperaturänderung.

aequivalent-potentiellen Werte sich fast mit der im Thetagrammpapier angegebenen Homologen decken, die ja für aktive, in Bewegung befindlichen Luftmassen ermittelt worden sind. Wie man ebenfalls aus Tabelle VII ersieht, ist die Temperatur in den unteren Luftschichten stärker gefallen. Am größten ist die Abnahme in 500 und 1000 m. Der Unterschied beträgt gegenüber dem Vortage in dieser Höhe $-6{,}0^{\circ}$ und $-5{,}1^{\circ}$, dagegen hat die relative Feuchte um 23,5% bzw. 16,2% zugenommen. Am Boden sind die Unterschiede nicht so groß. Hier beträgt die Änderung der Temperatur $-3{,}0^{\circ}$ und die der Feuchte $+13{,}0\%$.

5. Bewölkung an den verschiedenen Tagen.

a) Art der Wolken.

Das Einströmen einer neuen Luftmasse in der Höhe und der dadurch bedingte größere Temperaturgradient mit kräftigerer Vertikalbewegung am letzten heißen Tage einer Reihe kann man an der Wolkenart ebenfalls erkennen. An heißen Tagen, denen wieder ein Tag mit einem Temperaturmaximum von 30° und darüber folgt, sind die Cirren am häufigsten vertreten (61%). Cirro-Stratus kommt in jedem zweiten Falle vor, während von 100 Tagen mit Bewölkung

nur 5,5 Cirro-Cumuli und Alto-Cumuli aufweisen. Der Anteil des Alto-Stratus ist mit 19,4% ebenfalls gering. Cumuli kommen nur zu 13,9% vor. Ast-lent, Acu-cast, Cunb, Stcu und St wurden an diesen heißen Tagen bei den Morgenaufstiegen nicht festgestellt. Bei 100 Aufstiegen wurde siebenmal erwähnt, daß die Wolken sich in Auflösung befinden.

Am letzten heißen Tage ist die Art der Wolken erheblich mannigfaltiger. Hier findet man fast jede Wolkenart vor. Die Häufigkeit der Cirren ist geringer geworden, doch die des Cirro-Stratus um wenige Prozent gestiegen. Cirro-Cumuli kommen nur ganz selten vor. Die Häufigkeit der übrigen Wolkenarten ist erheblich größer geworden. Besonders Ast, Acu-cast, Cu, Cunb haben stark zugenommen. Die genauen Werte kann man aus Tabelle VIII entnehmen. Hierin wurde für die verschiedenen Tage angegeben, wieviel Tage von 100 eine bestimmte Wolkenart aufweisen. Kommt es nur zu einem heißen Tage, so ist die Mannigfaltigkeit der Wolken ebenfalls größer als an heißen Tagen mit nachfolgendem heißen Tage. Den Hauptanteil stellen Ci, Cist, Ast und Acu. Die Häufigkeit des Alto-Cumulus tritt besonders hervor. Auch die Vorzeichen für die Entstehung eines Gewitters sind wie am letzten heißen Tage mitunter um 8 Uhr schon festzustellen. Doch kommen Acu-cast und Cunb nicht so häufig vor. Am Vortage ist die Verteilung auf alle Wolkenarten ziemlich gleichmäßig. Am Nachtage treten in den höheren Luftschichten besonders oft Cirro-Stratus und Alto-Stratus auf. In den unteren Luftschichten findet man am häufigsten Strato-Cumuli und Frakto-Cumuli.

Tabelle VIII.

Häufigkeit der Wolkenarten an den verschiedenen heißen Tagen. Von 100 Tagen weisen folgende Wolkenarten auf:

Ci	Cist	Cicu	Ast	Ast-lent	Acu	Acu-cast	Cu	Cunb	St	Stcu	Frcu	
					Der Vortag							
46,3	36,6	12,2	36,6	9,8	14,6	—	19,5	9,8	4,9	39,0	17,1	Tage
					Heiße Tage mit nachfolgendem heißen Tag							
61,0	41,5	5,5	19,4	—	5,5	—	13,9	—	—	—	—	„
					Bei nur einem heißen Tage							
51,1	46,4	4,9	39,0	7,3	31,7	9,7	14,6	4,9	2,4	14,6	2,4	„
					Letzter heißer Tag							
47,8	43,5	4,3	30,2	8,6	8,6	34,8	26,0	26,0	4,3	8,6	4,3	„
					Nachtag							
35,9	54,0	41,0	41,0	—	33,4	7,7	25,6	10,2	20,5	43,6	41,0	„

b) Grad der Bewölkung.

Wie man schon aus der Mannigfaltigkeit der Wolken an den verschiedenen heißen Tagen sieht, muß auch ein Unterschied in dem Grad der Bewölkung bestehen. In Tabelle IX wird die Häufigkeit des verschieden bedeckten Himmels für den Vortag, die heißen Tage und den Nachtag angegeben. Wie schon weiter oben erwähnt wurde, ist ein wolkenloser Tag bei so hohen Temperaturen relativ selten. Nur 7,8% der heißen Tage weisen keinerlei Wolken auf. Der Anteil der Tage mit geringer Bewölkung ist aber ziemlich hoch. 55,9% sind weniger als zu $^5/_{10}$ bedeckt. Wenn man wiederum eine Unterteilung der heißen Tage vornimmt, so bekommt man ein viel klareres Bild. Von den 7,8% der wolkenlosen Tage stellen die heißen Tage allein 6,8%, denen wieder ein heißer Tag folgt. Dagegen ist es fast nie wolkenlos (0,8%), wenn es nur einmal zu Temperaturen von 30° und darüber kommt. Am letzten Tag einer Reihe heißer Tage kann man um 8 Uhr immer Bewölkung feststellen. Ein um mehr als $^5/_{10}$ bedeckter Himmel kommt bei heißen Tagen mit nachfolgendem heißen Tag nur selten vor, nämlich zu 4,9%. In den anderen Fällen ist der Anteil schon erheblich größer. Kommt nur ein heißer Tag vor, sind 16,4% zu $^5/_{10}$ und darüber bedeckt. Der Anteil des letzten heißen Tages beträgt 20,9%. Tabelle IX enthält die Tage, die wolkenlos, von $^1/_{10}$—$^4/_{10}$, zu $^5/_{10}$ und darüber bedeckt sind. Interessant ist es ferner, daß am Vortage die Verteilung ziemlich gleichmäßig ist. Wolkenlose Tage sind ebenso häufig wie fast ganz bedeckte. Ihr Anteil liegt jeweils bei 17,2%. Daraus ersieht man am besten, daß die Einstrahlung nicht allein maßgebend ist, um Temperaturen über 30° hervorzurufen. Wie zu erwarten war, ist der Nachtag sehr stark bewölkt. 93,9% davon sind mehr als die Hälfte bedeckt und eine Bewölkung, die $^3/_4$ des Himmels ausmacht, findet man zu 70%.

Tabelle IX.

Grad der Bewölkung.

	wolkenlos	$^1/_{10}$—$^4/_{10}$	$^5/_{10}$ u. darüber
Vortag in %	17,2	42,8	40,0
heiße Tage	7,8	55,9	36,3
Davon entfallen auf:			
heiße Tage mit nachfolgendem heißen Tag	6,8	29,3	4,9
nur einen heißen Tag	0,8	18,9	16,4
den letzten heißen Tag	0,0	7,7	20,9
Nachtag in %	0,0	6,1	93,9

Eine genaue Unterteilung der Gesamtbewölkung ist in Tabelle IX a im Anhang vorgenommen worden.

Rechnet man nun aus, wieviel Prozent der Tage jeweils in den einzelnen Fällen wolkenlos, weniger als $^5/_{10}$ und zu $^5/_{10}$ und darüber bedeckt sind, so erhält man Tabelle X. Es ergibt sich also, daß die heißen Tage zu 88,5% weniger als die Hälfte bedeckt oder wolkenlos sind, denen wieder ein Tag mit Maximaltemperaturen $\geqq 30^0$ folgt. Dagegen nimmt der letzte heiße Tag schon erheblich an Bewölkung zu. 85,2% dieser Tage sind zu $^5/_{10}$ und darüber bedeckt. Bei nur einem heißen Tage ist die Verteilung der wenig und stark bewölkten Tage ungefähr gleich. Doch ist der Anteil des stärker bedeckten Himmels immerhin 45,4%, während wolkenlose Tage nur zu 2,3% vorkommen.

Tabelle X.

Anteil der verschiedenen Bewölkungsgrade in Prozenten.

	wolkenlos	$^1/_{10}$—$^4/_{10}$	$^5/_{10}$ u. darüber
heiße Tage mit nachfolgendem heißen Tag	15,7	72,8	11,8%
bei nur einem heißen Tage	2,3	52,3	45,4%
letzter heißer Tag	0,0	14,8	85,2%

c) Wolkenuntergrenze.

Wie schon erwähnt wurde, ist die Schichtung der Luft an heißen Tagen unerwartet stabil. Das steht in einem gewissen Widerspruch dazu, daß wolkenlose Tage verhältnismäßig selten sind. Wenn man nun aber die Untergrenze der Wolken bestimmt, findet man diese stabile Schichtung bis 5000 m wieder bestätigt. Herausnehmen muß man jedoch wiederum den letzten heißen Tag und den Fall, bei den Temperaturen von 30^0 und darüber nur einmal erreicht werden. Aus Tabelle XI ergibt sich, daß an heißen Tagen, denen wieder ein Tag mit so hohen Temperaturen folgt, bis 2,5 km keine Wolken vorkommen. Nur bei 8,8% dieser Tage liegt die Wolkenuntergrenze zwischen 2,5 und 4,5 km. Dagegen sind von den 46%, bei denen sich die Wolken über 4,5 km befinden, allein 30,4% an Tagen mit nachfolgendem heißen Tag. In Tabelle XI wurde die Untergrenze der Wolken für die verschiedenen Tage und die Höhen 0—2,4, 2,5—4,4, 4,5 km und darüber bestimmt. Man ersieht auch aus der Tabelle, daß am letzten heißen Tage die Wolkenuntergrenze sich mehr in geringe Höhen verschiebt. Bei nur einem heißen Tage ist die Verteilung wieder ziemlich gleichmäßig.

Tabelle XI.

Wolkenuntergrenze an den verschiedenen heißen Tagen.

	0—2,4	2,5—4,4	4,5 km u. darüber
Vortag in %	59,7	13,5	25,7
heiße Tage	21,6	32,4	46,0
Davon entfallen auf:			
heiße Tage mit nachfolgendem heißen Tag	0,0	8,8	30,4
nur einem heißen Tage	8,8	11,7	12,7
den letzten heißen Tag	12,8	11,8	2,9
Nachtag	96,3	3,7	0,0

Dieses Ergebnis tritt noch deutlicher hervor, wenn man untersucht, wieviel % der verschiedenen heißen Tage eine Wolkenuntergrenze in den vorerwähnten Höhen haben. In Tabelle XII wurde diese Zusammenstellung vorgenommen. Die Tage, denen wieder ein heißer Tag folgt, haben zu 77% eine hohe Bewölkung. Nur bei 22,5% liegt die Wolkenuntergrenze zwischen 2.5 und 4,5 km, während darunter keine Wolken beobachtet worden sind. Am letzten heißen Tage kommen nur 10% vor, bei denen die Wolken über 4,5 km beginnen. Die Höhe bis 2500 m stellt einen Anteil von 46% und die von 2500—4500 m 43%. Bei nur einem heißen Tage sind alle Höhen gleichmäßig beteiligt. Man findet also auch hier wieder, daß das Ende einer Reihe heißer Tage beim 8-Uhr-Termin vorausgesagt werden kann.

Tabelle XII.

Höhe in km	0—2,4	2,5—4,4	4,5 u. darüber
heiße Tage mit nachfolgendem heißen Tag	0,0	22,5	77,5%
nur einem heißen Tage	26,4	35,3	38,3%
letzter heißer Tag	46,4	42,9	10,7%

Einzelheiten kann man aus der Tabelle XII a im Anhang entnehmen, bei der eine größere Unterteilung vorgenommen worden ist.

V. Ergebnis

Um Angaben machen zu können, wann Maximaltemperaturen von 30° und darüber zwischen Ende Mai und Anfang September vorkommen können, muß man vor allen Dingen wissen, wie groß das zu erfassende Gebiet ist. Bezieht sich die Voraussage nur auf kleinere Teile Deutschlands, so müssen besonders die Bodenverhältnisse, die Lage, die Höhe über dem Meeresspiegel und die

Strahlung berücksichtigt werden, denn es ist unter günstigen Bedingungen möglich, daß so hohe Temperaturen in einer Warmluftmasse gemäßigter Breiten (GTW) erreicht werden. Hierbei muß man beachten, daß örtliche Wärmegewitter häufig auftreten.
Will man ein größeres Gebiet erfassen, so sind folgende Bedingungen ausschlaggebend:

1. Deutschland muß in dem Bereich einer selbständigen, dynamischen Antizyklone liegen, deren Zerfall eingesetzt oder die sich so verlagert hat, daß an ihrer West- bis Südwestseite das zu bearbeitende Gebiet zu liegen kommt.
2. Es muß durch die Einwirkung eines Tiefs die subtropische Warmluft (TL) am Boden vordringen können, die vor dem schon in der Höhe von ungefähr 3,5 km ab festgestellt wurde, oder der Rest kühlerer Bodenluft muß umgewandelt oder abgesogen werden.
3. Die Bewölkung darf im allgemeinen nicht zu dicht sein. Vorherrschend sind hohe, stratiforme Wolken.
4. Am Vortage muß föhnige Aufheiterung und ein Absinken der Luftmasse um ungefähr 500 m eingetreten sein.
5. Die Temperatur hat zwischen 500 und 1500 m gegenüber dem Vortage um ungefähr 5° zugenommen, während die Feuchte in dieser Höhe um reichlich 10% abnahm.
6. Bei dem Morgenaufstieg muß die potentielle Temperatur in 1000 m annähernd 30° betragen.

Will man wissen, ob die heißen Tage längere Zeit anhalten, oder ob nur einmal Temperaturen von 30° und darüber erreicht werden, so hat man auf folgendes zu achten:

a) Bei nur einem heißen Tage:

1. Die Ostwärtsbewegung des Hochs oder sein Zerfall geht schnell vor sich. Ein Tief folgt nach, und kühle, maritime Luftmassen dringen vor.
2. Die Bewölkung ist mannigfacher. Besonders häufig kommt Alto-Cumulus vor.
3. Die Wolkenuntergrenze liegt unter 4500 m.
4. Die Temperaturzunahme gegenüber dem Vortage ist nicht in allen Höhen gleichmäßig. In 4000—5000 m ist die Zunahme sehr gering, oder es ist gar schon eine Abnahme eingetreten.
5. Der Temperaturgradient ist von 1000 m ab größer als sonst an heißen Tagen, wodurch eine kräftigere Vertikalbewegung eher möglich ist.
   Für die Änderung in der Höhe ist der Mittag- oder Nachmittagaufstieg sehr aufschlußreich.

b) Kommen mehrere heiße Tage vor, so kann man feststellen, daß:

1. der Zerfall des Hochs nur langsam fortschreitet oder das Hoch östlich bis nordöstlich von Deutschland stationär bleibt;
2. die Bewölkung ziemlich gering ist und fast nur aus Cirren und Cirro-Stratus besteht;
3. Wolken unter 4,5 km kaum vorkommen und diese in Auflösung begriffen sind;
4. eine Erwärmung gegenüber dem Vortage von mehr als 3 Grad bis über 5000 m stattgefunden hat;
5. die Luft sehr stabil geschichtet und relativ trocken ist;
6. in größeren Höhen sich sehr warme Luftmassen befinden (Aequatoriale Warmluft E).

Das Ende einer Reihe von heißen Tagen kann man größtenteils schon beim 8-Uhr-Aufstieg des letzten Tages erkennen. Hier zeigt es sich, daß:

1. das Hoch sich weiter nach Osten zu verlagert hat oder der Zerfall soweit fortgeschritten ist, daß das Tief mit kühler maritimer Luft nach Deutschland vordringen kann;
2. die Gesamtbewölkung stärker zugenommen hat;
3. die Art der Wolken erheblich mannigfaltiger geworden ist und man Cu, Cunb und Acu-cast häufiger vorfindet;
4. die Wolken in geringeren Höhen beginnen (zu 50% aller Fälle 2500 m);
5. beim Morgenaufstieg die Temperatur von 1500 m an gegenüber dem Vortage abnimmt und die Abnahme bei der Gipfelhöhe ihren größten Wert hat;
6. die relative Feuchte in allen Höhen zunimmt;
7. der Temperaturgradient zwischen 1500 m und 3000 m größer geworden ist und dadurch die stabile Schichtung wegfällt.

Die heißen Tage werden fast immer durch Gewitter beendet, die je nach der vordringenden Luftmasse mehr örtlich oder frontal auftreten. Ganz besonders muß man auf gemäßigt warme Luftmassen achten, die nur geringe Änderungen am Boden bedingen. Doch reicht diese Änderung gewöhnlich aus, um Gewitter hervorzurufen und somit die heißen Tage zu beenden. Es sei hier nochmals auf die temperierte Frontalzone hingewiesen, wie sie G. Schinze in seiner Arbeit (5) dargestellt hat.

Eine Reihe heißer Tage wird auch durch einen neuen Vorstoß des Azorenhochs oder durch die Auffüllung des bestehenden Hochs unterbrochen.

VI. Anhang

In den Tabellen IX a und XI a wurde für die Bewölkung und die Wolkenuntergrenze eine größere Gliederung des Grades und der Höhe vorgenommen.

In den Tabellen XIII bis XVII sind für die Monate Mai bis September die wahre Temperatur (t_Z), die relative Feuchtigkeit (R_Z), die aequivalent-potentielle Temperatur (θ''_Z) und der Temperaturgradient (j) für die Höhen (h) 0 bis 5 km wiedergegeben worden. In Tabelle XVIII wurden die Werte der einzelnen Monate gegenübergestellt. Die mittleren Thetagramme und Temperatur-Höhenkurven wurden gleichfalls beigefügt.

Außerdem wird im Anhang die Entwicklung und der Abbau hoher Temperaturen in dem Beispiel vom 9. bis 12. Juni 1935 dargestellt. Für die Ausarbeitung des Beispiels wurden die Hamburger und Breslauer Wetterkarten benutzt. Für die Verschiebungen der Luftmassen werden die vertikalen Hauptschnitte wiedergegeben. Es wurden nur die Teile für Deutschland herausgezeichnet. Für München, Darmstadt, Hamburg, Berlin, Lindenberg, Breslau und Königsberg liegen die Thetagramme vor.

Tabelle IX a.

Grad der Bewölkung an den verschiedenen heißen Tagen.

	wolkl.	—$^2/_{10}$	—$^4/_{10}$	—$^7/_{10}$	üb. $^7/_{10}$ bedeckt
Vortag	12	16	14	16	12
in %	17,2	22,8	20,0	22,8	17,2
heiße Tage	9	35	33	28	16
in %	7,8	38,8	27,1	23,1	13,2
davon entfallen auf:					
heiße Tage mit nachf. heißen Tagen in %	8 6,9	20 16,6	16 12,7	5 4,1	1 0,8
nur einem heißen Tage in %	1 0,8	13 10,7	10 8,3	14 11,5	6 4,9
letzter heißer Tag in %	0 0,0	2 1,6	7 6,1	9 7,5	9 7,5
Nachtag in %	— 0,0	— 0,0	4 6,1	16 24,2	46 69,7

Tabelle XI a.

Wolkenuntergrenze an den heißen Tagen.

	0—1,4	1,5—2,4	2,5—3,4	3,5—4,4	üb. 4,5 km
Vortag	23	9	4	3	14
in %	42,8	16,9	7,6	6,0	25,7
heiße Tage	3	19	19	14	47
in %	2,9	18,7	18,7	13,7	46,0
davon entfallen auf:					
heiße Tage mit nachf.	—	—	4	5	31
heißen Tagen in %	0,0	0,0	3,9	4,9	30,4
nur einem heißen Tage	1	8	7	5	13
in %	1,0	7,8	6,8	4,9	12,7
letzter heißer Tag	2	11	8	4	3
in %	1,9	10,9	7,9	3,9	2,9
Nachtag	45	7	2	—	—
in %	83,3	13,0	3,7	0,0	0,0

Tabelle XIII.

Temperatur (t_z), relative Feuchtigkeit (R_Z), aequivalente Temperatur (θ''_z) und Temperaturgradient (j) an den verschiedenen heißen Tagen

für die Monate:
Mai.

	h	0	1	2	3	4	5 km
Vortag	t_z	18,8	15,8	8,1	1,3	—5,3	—10,8
	R_z	76,0	70,2	75,5	70,2	67,0	55,2
	θ''_z	44,8	35,6	21,0	8,7	—1,0	— 8,4
	j		0,30	0,77	0,68	0,66	0,55
heißer Tag	t_z	22,1	19,4	12,7	5,2	—1,9	— 7,3
	R_z	63,3	48,6	49,4	50,3	50,4	54,2
	θ''_z	48,5	36,5	23,9	12,1	2,2	— 4,1
	j		0,27	0,67	0,75	0,71	0,54
heißer Tag mit nachfolgendem heißen Tage							
	t_z	23,2	19,4	13,1	6,4	—0,2	— 5,9
	R_z	57,0	44,2	38,0	36,4	39,2	43,6
	θ''_z	49,0	35,0	22,0	11,8	3,6	— 3,2
	j		0,39	0,63	0,67	0,66	0,57

letzter heißer Tag	t_z	22,3	18,9	11,6	4,8	—1,9	— 8,4
	R_z	61,5	46,8	46,0	45,8	47,2	48,2
	θ''_z	49,2	37,0	21,5	11,0	2,0	— 5,9
	j		0,34	0,73	0,68	0,67	0,65
Nachtag	t_z	18,6	14,1	8,1	1,7	—4,9	—10,6
	R_z	77,0	71,2	68,0	73,7	77,0	66,7
	θ''_z	44,8	32,0	19,8	9,7	0,3	— 7,7
	j		0,45	0,60	0,64	0,66	0,57

Tabelle XIV.

Juni.

	h	0	1	2	3	4	5 km
Vortag	t_z	19,2	13,5	7,5	+2,3	—3,6	— 9,9
	R_z	61,0	56,0	57,4	56,2	52,0	55,7
	θ''_z	40,2	27,0	16,8	8,5	0,2	— 7,4
	j		0,57	0,60	0,52	0,59	0,63
heißer Tag	t_z	23,2	19,0	12,3	5,0	—1,1	— 8,2
	R_z	60,5	50,0	54,8	57,6	53,5	47,0
	θ''_z	50,2	36,2	24,7	12,9	3,7	— 5,6
	j		0,42	0,67	0,73	0,61	0,71
heißer Tag mit nachfolgendem heißen Tage							
	t_z	23,0	19,1	11,7	5,0	—0,7	— 6,7
	R_z	63,3	51,7	58,0	57,0	50,7	47,9
	θ''_z	51,0	37,3	24,0	12,8	4,0	— 4,0
	j		0,39	0,74	0,67	0,57	0,60
letzter heißer Tag	t_z	23,8	18,8	10,6	4,6	—1,8	— 8,0
	R_z	56,8	51,0	55,7	65,2	64,8	59,1
	θ''_z	50,0	36,2	21,7	13,2	3,7	— 4,9
	j		0,50	0,82	0,60	0,64	0,62
Nachtag	t_z	19,4	14,5	8,7	3,0	—3,2	— 9,2
	R_z	79,0	66,9	74,6	73,0	65,4	63,3
	θ''_z	47,2	32,0	21,8	11,8	1,8	— 5,7
	j		0,49	0,58	0,57	0,62	0,60

Tabelle XV.

Juli.

	h	0	1	2	3	4	5 km
Vortag	t_z	18,5	14,3	9,4	4,8	—0,8	— 6,9
	R_z	68,6	60,5	50,5	46,7	46,3	43,1
	θ''_z	41,2	27,8	18,8	11,0	4,1	— 4,4
	j		0,42	0,49	0,46	0,56	0,61

heißer Tag	t_z	22,2	19,0	12,4	6,3	0,2	— 6,3
	R_z	64,1	54,7	55,6	48,9	44,6	43,8
	θ''_z	49,0	38,0	24,9	15,0	4,4	— 3,7
	j		0,32	0,66	0,61	0,65	0,61
heißer Tag mit nachfolgendem heißen Tage							
	t_z	22,2	19,3	12,7	7,0	1,0	- 5,0
	R_z	62,3	52,6	50,8	44,9	41,0	41,5
	θ''_z	48,7	38,0	24,2	14,0	4,1	— 2,2
	j		0,29	0,66	0,57	0,60	0,60
letzter heißer Tag	t_z	23,4	19,3	12,0	5,2	—1,1	— 7,8
	R_z	65,0	58,2	61,6	61,1	58,3	55,2
	θ''_z	52,7	40,0	25,5	13,7	4,1	— 4,9
	j		0,41	0,73	0,68	0,63	0,67
Nachtag	t_z	19,1	14,8	9,8	3,5	—2,1	— 7,8
	R_z	72,4	71,0	70,5	72,1	69,3	64,8
	θ''_z	44,1	33,7	23,1	12,4	3,6	— 4,4
	j		0,43	0,50	0,63	0,56	0,57

Tabelle XVI.

August.

	h	0	1	2	3	4	5 km
Vortag	t_z	18,0	14,7	10,6	5,5	—0,2	— 6,3
	R_z	73,9	68,7	60,2	53,5	50,1	43,4
	θ''_z	42,0	32,5	22,5	13,1	4,5	— 3,8
	j		0,33	0,41	0,51	0,57	0,61
heißer Tag	t_z	20,2	20,5	13,7	7,1	0,6	— 5,5
	R_z	75,6	55,4	56,7	51,8	49,1	46,0
	θ''_z	48,3	42,0	27,6	15,3	5,5	— 2,7
	j		—0,03	0,68	0,66	0,65	0,49
heißer Tag mit nachfolgendem heißen Tage							
	t_z	20,2	20,8	14,7	7,8	2,1	— 3,7
	R_z	79,0	56,5	56,5	53,5	47,0	41,7
	θ''_z	49,9	42,7	29,2	16,7	7,2	— 0,7
	j		—0,06	0,61	0,69	0,57	0,58
letzter heißer Tag	t_z	21,4	21,1	13,9	6,4	—1,0	— 7,8
	R_z	76,1	57,7	60,6	59,3	62,0	57,7
	θ''_z	52,4	44,0	28,9	15,1	4,5	— 4,7
	j		0,03	0,72	0,75	0,74	0,68
Nachtag	t_z	19,1	16,3	10,5	5,2	—1,7	— 6,6
	R_z	82,0	69,5	74,7	75,0	75,4	67,1
	θ''_z	47,3	36,7	25,3	15,6	4,7	— 2,7
	j		0,28	0,58	0,53	0,69	0,49

Tabelle XVII.

September.

	h	0	1	2	3	4	5 km
Vortag		nur ein Aufstieg vorhanden					
heißer Tag	t_z	19,2	21,2	13,0	4,9	—1,7	— 8,3
	R_z	73,4	54,1	56,3	62,4	56,6	50,6
	θ''_z	44,6	42,5	26,2	13,4	3,0	— 5,7
	j		—0,20	0,82	0,81	0,66	0,66
heißer Tag mit nachfolgendem heißen Tage							
	t_z	19,3	21,0	13,3	5,6	—0,8	— 7,8
	R_z	71,8	57,4	63,0	54,6	42,6	38,4
	θ''_z	44,0	43,8	28,2	13,2	3,0	— 5,7
	j		—0,39	0,77	0,77	0,64	0,70
letzter heißer Tag	t_z	18,9	21,6	12,9	4,8	—2,7	— 8,9
	R_z	80,7	54,0	65,7	72,0	77,0	65,0
	θ''_z	46,5	43,5	28,2	14,5	3,4	— 5,7
	j		—0,27	0,87	0,81	0,75	0,62
Nachtag	t_z	18,4	14,3	9,2	3,4	—3,9	— 9,7
	R_z	73,8	68,2	64,8	62,2	52,3	40,1
	θ''_z	43,1	32,0	20,9	11,0	—0,1	— 7,8
	j		0,41	0,51	0,58	0,73	0,58

Tabelle XVIII.

Mittel aus allen Aufstiegen an heißen Tagen in den Monaten:

	h	0	1	2	3	4	5 km
Mai	t_z	22,1	19,4	12,7	5,2	—1,9	— 7,3
	R_z	63,3	48,6	49,4	50,3	50,4	54,2
	θ''_z	48,5	36,5	23,9	12,1	2,2	— 4,1
	j		0,27	0,67	0,75	0,71	0,54
Juni	t_z	23,2	19,0	12,3	5,0	—1,1	— 8,2
	R_z	60,5	50,0	54,8	57,6	53,5	47,0
	θ''_z	50,2	36,2	24,7	12,9	3,7	— 5,6
	j		0,42	0,67	0,73	0,61	0,71
Juli	t_z	22,2	19,0	12,4	6,3	0,2	— 6,3
	R_z	64,1	54,7	55,6	48,9	44,6	43,8
	θ''_z	49,0	38,0	24,9	15,0	4,4	— 3,7
	j		0,32	0,66	0,61	0,65	0,61

August	t_z	20,2	20,5	13,7	7,1	0,6	— 5,5
	R_z	75,6	55,4	56,7	51,8	49,1	46,0
	θ''_z	48,3	42,0	27,6	15,3	5,5	— 2,7
	j		—0,03	0,68	0,66	0,65	0,49
September	t_z	19,2	21,2	13,0	4,9	—1,7	— 8,3
	R_z	73,4	54,1	56,3	62,4	56,6	50,6
	θ''_z	44,6	42,5	26,2	13,4	3,0	— 5,7
	j		—0,20	0,82	0,81	0,66	0,66

Beispiel für die Entwicklung von Temperaturen über 30°.

Herausgegriffen und durchgearbeitet wurde der 9.—12. Juni 1935, wobei gleichzeitig ein ausgesprochen kräftiger Kaltlufteinbruch vorkommt.

Am 9. Juni befindet sich Deutschland unter dem Einfluß eines dynamischen Hochs, das am 7. vom Azorenhoch losgetrennt wurde und sich mit dem südrussischen Hoch verbunden hat. An der Nordseite des Hochs strömt maritime Kaltluft gemäßigter Breiten (mGAK) dem Tief zu, dessen Kern an der mittleren Westküste Norwegens liegt. Subtropische Warmluft (TW) befindet sich bis zum 50. Breitengrade über Süd- und Mitteleuropa. Im Osten reicht die Warmluft zum Teil bis 55° n-Breite. In Frankfurt a. M. kann man sie von 2 km, in Königsberg von 4 km ab feststellen.

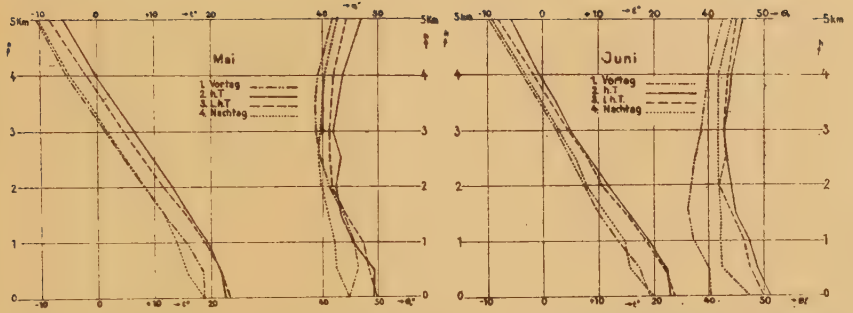
Am 10. Juni ist das Hoch selbständig geworden und hat sich nach Nordosten verlagert. Es wurde außerdem leicht abgebaut. Ein Atlantisches Tief liegt mit seinem Kern westlich von Irland. Auf seiner Vorderseite dringt die TW weiter nordwärts vor. Im Südwesten reicht sie ungefähr bis zur Linie Köln—Magdeburg und im Südosten ist sie bis Breslau vorgedrungen. Die Mächtigkeit der Kaltluft ist in Mitteldeutschland geringer geworden und überschreitet hier eine Höhe von 2 km nicht mehr, während sie in Königsberg noch bis 4 km hinaufreicht. In Süd- und Südwestdeutschland kommt es innerhalb der Tropikluft zu Maximaltemperaturen von 30° und darüber. Der Zusammenhang tritt durch die verschiedenen Höhen und Bodenverhältnisse nicht kräftig hervor, sondern die hohen Temperaturen scheinen mehr örtlich bedingt zu sein.

Am 11. Juni 1935 kam es fast in ganz Deutschland zu einem heißen Tage. Ausgenommen davon ist nur Nordwest- und Westdeutschland sowie West- und Ostpreußen. Das Hoch ist weiter abgebaut worden und sein Kern liegt jetzt über den Baltischen Ländern. Das Atlantische Tief hat sich nur wenig verlagert, doch reichen seine Ausläufer fast bis nach Südostdeutschland. Deutschland liegt auf der Vorderseite des Tiefs. Die Kaltluft ist jetzt völlig von der subtropischen

Warmluft verdrängt worden und Deutschland befindet sich fast ganz in dem Bereich der letzteren. Die Orte, in denen 30° erreicht oder überschritten wird, liegen im Nordwesten auf einer Linie, die der Grenze der Tropikluft parallel geht. Um das Tief herum dringt aufs neue mGAK vor, was gleichzeitig mit einem neuen Vorstoß des Azorenhoch verbunden ist. Da bis zur Erwärmung der Bodenluft auf 30° die Kaltluft weiterhin Einfluß gewinnt, so kann man sagen, daß nur bis zur Grenze der TW Temperaturen von 30° und darüber vorkommen. Eine Karte der Luftmassenverteilung um 11 oder 14 Uhr würde sich mit der Karte des heißen Tages noch besser decken.

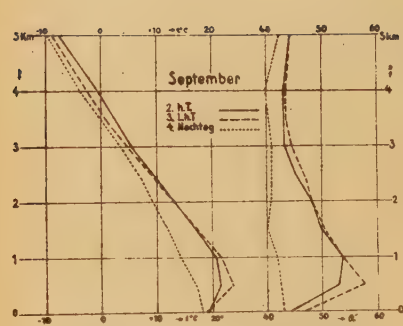
Am 12. Juni hat sich das ursprüngliche Hoch noch weiter nach Osten verlagert, und der Kern des Atlantischen Tiefs ist nur wenig nach Norden vorgerückt. Der Ausläufer des Azorenhochs ist fast bis Mitteleuropa vorgestoßen. Auf seiner Vorderseite dringt die mGAK nach Osten vor. Die Einbruchsfront, die am 11. Juni in Richtung Paris—Perpignan verlief, liegt jetzt auf der Linie Danzig—Breslau —Wien—Genua. Der Einbruch der Kaltluft hat sich in breiter Front unter Gewittern vollzogen. Wie schon erwähnt wurde, ist die Abkühlung, die hierbei vorkommt, sehr groß. Die Mächtigkeit der Kaltluft reicht in diesem Falle auch in größere Höhen hinauf. Über Frankfurt am Main und Hamburg besitzt sie eine Dicke von mehr als 4 km, während über Berlin und Lindenberg 2 km noch nicht erreicht werden. Interessant ist es auch, daß innerhalb von 48 Stunden die Kaltluftmasse wieder verdrängt ist und am 14. und 15. Juni Maximaltemperaturen von 30° und darüber vorkommen.

Ein klareres Bild als aus jeder Beschreibung erhält man aus den beigegebenen Wetterkarten, den Thetagrammen, den vertikalen Hauptschnitten und der Karte des 11. Juni 1935, in der das Gebiet mit Temperaturmaxima $\geqq 30°$ und darüber schraffiert eingetragen wurde.

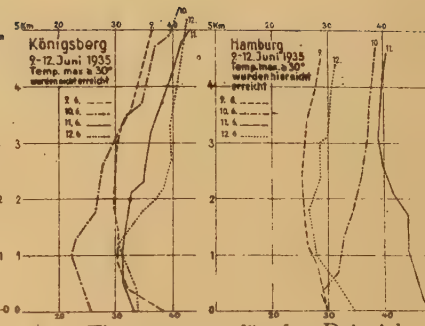


Reale und aequivalent-potentielle Temperatur für die Monate Mai bis August.

1. Vortag ·····
2. heißer Tag ————
3. letzter heißer Tag ----------
4. Nachtag .....

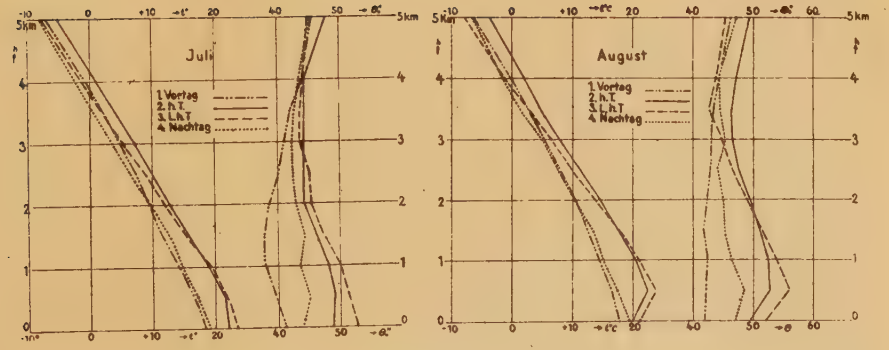


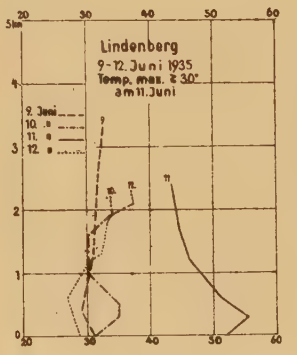
Reale und aequivalent-potentielle Temperatur September

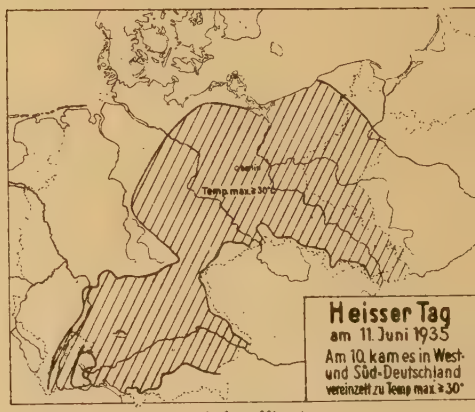


Thetagramme für das Beispiel vom 9.—12. Juni 1935

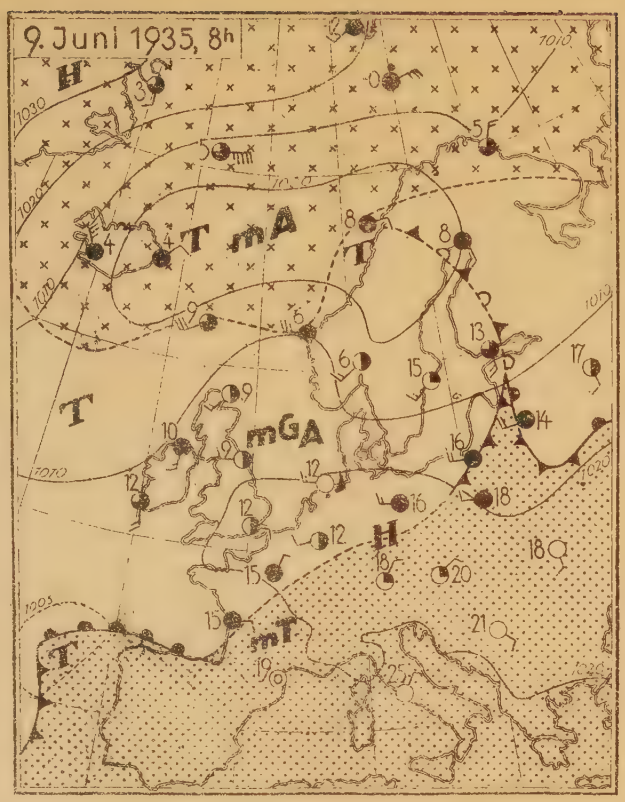
9. 6. ----------
10. 6. ----------
11. 6. ————
12. 6. .....

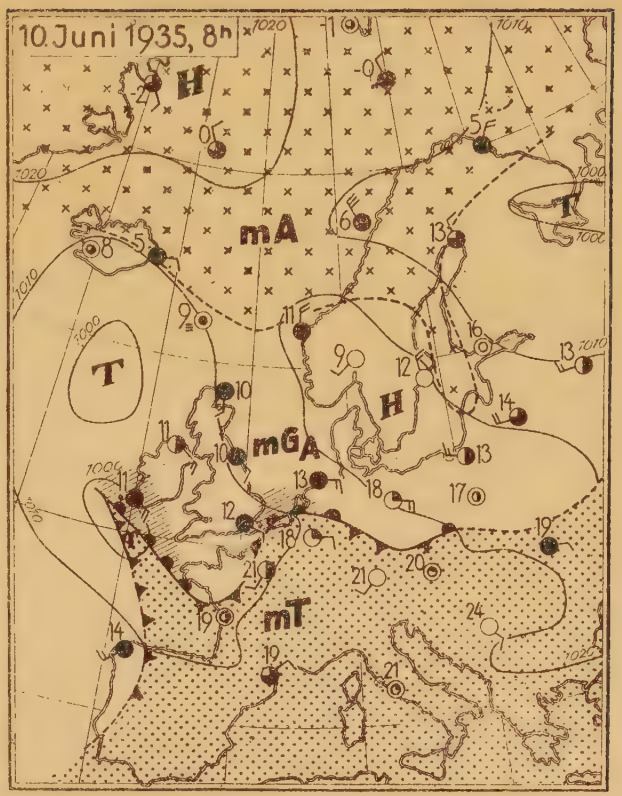




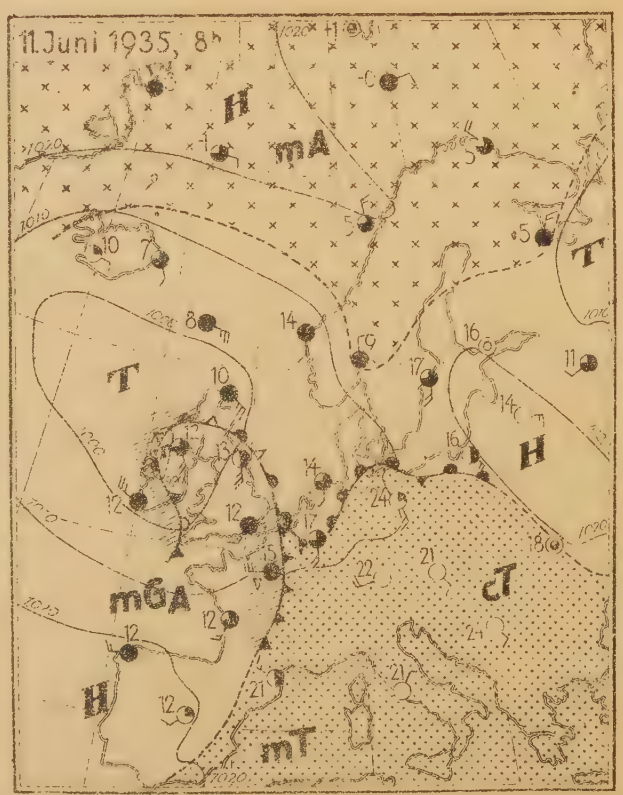


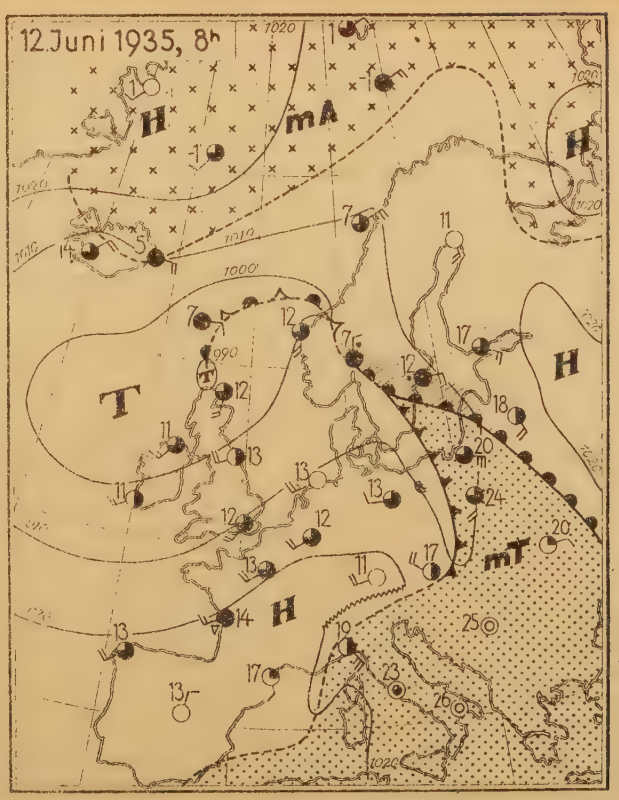
Schraffiert:
Gebiet, in dem es am 11. Juni 1935 zu Temperaturmaxima über 30 Grad kam.





Wetterkarten für das Beispiel vom 9.—12. Juni 1935





Literaturverzeichnis

1. Fr. Treitschke, Beiträge zur Klimatologie Thüringens. Zusammenstellungen aus dem Beobachtungsmaterial der Gipfelstation Inselberg und der Basisstation Erfurt. Berlin, Otto Salle, 1897.
2. K. Dove, Der Juli 1900 und der Januar 1901 in Jena. Mitteilungen der Geographischen Geselischaft zu Jena, XIX. Band, Jena 1900/01, S. 55.
3. Klimaatlas von Deutschland, Bemerkungen zum Klimaatlas von Deutschland, 1921.
4. W. Köppen, Einheitliche Thermometeraufstellung für meteorologische Stationen zur Bestimmung der Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Meteorologische Zeitschrift Oktober 1913, S. 474 und 513.
5. G. Schinze, Untersuchungen zur aerologischen Synoptik mit Tabellen. Breslau, 1936
6. W. Stöckigt, Über den Einfluß der Lage auf die Temperaturentwicklung der Sommermonate im Schwarzwaldgebiet. Dissertation der Universität Jena, 1906.
7. R. Fischer, Die frühesten Tropentage in Frankfurt a. M. Wetter, Band 52, S. 265.
8. A. Hettner, Die Klimate der Erde. Verlag und Druck B. G. Teubner in Leipzig und Berlin, 1930.
9. Joh. Friedemann, Bewölkung und Sonnenschein des Mittelmeergebietes. Archiv der Deutschen Seewarte, 1912, Band 35, Nr. 2.
10. E. Werth, Klima und Vegetationsgliederung in Deutschland. Verlagsbuchhandlung Paul Parey, Jul. Springer, Berlin, 1927.
11. H. Schrepfer, Blüte- und Erntezeit des Winterroggen in Deutschland. Arbeiten der Deutschen Landwirtschafts-Ges., Berlin, 1922, Heft 321.
12. E. Dinies, Luftkörperklimatologie. Archiv der Deutschen Seewarte, 1932, Band 50, Nr. 6.
13. E. Dinies, Die Temperaturverhältnisse in Deutschland bei verschiedenen Luftkörpern. Analen der Hydrographie, 1933, S. 182.
14. H. Thomas, Die Bedingungen für starken vormittägigen Temperaturanstieg im Sommer. Meteorologische Zeitschrift, März 1934, S. 101.
15. Außerdem wurde folgende Literatur benutzt:
    T. Bergeron, Über die drei dimensional verknüpfende Wetteranalyse, erster Teil. Geofysiske Publikasjoner V, Nr. 6, Oslo, 1928.
    Dreis, Über die Entwicklung der europäischen Hochdruckgebiete Meteorologische Zeitschrift, 1915, Band 32, S. 89.
    A. Defant, Über die Vorgänge in kalten und warmen Luftsäulen. Meteorologische Zeitschrift, 1913, Band 30, S. 184.

Exner, Über den Aufbau hoher Antizyklonen und Zyklonen in Europa. Meteorologische Zeitschrift, 1921, Band 38, S. 296. Meteorologische Zeitschrift, 1922, Band 39, S. 86.
R. Fischer, Azorenhochvorstöße nach Mitteleuropa und Tiefdruckwirbel im Sommer 1928. Wetter, 1928, S. 237.
Hanzlik, Die räumliche Verteilung der meteorologischen Elemente in den Antizyklonen. Meteorologische Zeitschrift, 1909, Band 26, S. 333.
Hellmann, Temperaturdifferenzen an heißen, sonnigen Tagen. Meteorologische Zeitschrift, 1912, Band 29, S. 164.
Keil und Kopp, Über die Beziehungen der Luftkörper. Mitteilungen des Aeronautischen Observatoriums Lindenberg, 1927, S. 109.
K. Knoch, Polar- und Tropikluft nach Registrierungen der Temperatur und relativen Feuchtigkeit auf dem Atlantischen Ozean. Meteorologische Zeitschrift, 1925, Band 42, S. 297.
K. Knoch, Klima und Klimaschwankung. Verlag von Quelle & Meyer, Leipzig, 1930, Wissenschaft und Bildung, 269.
W. Köppen, Die Klimate der Erde (Grundriß der Klimakunde). Berlin und Leipzig, 1923, Walter De Gruyter & Co.
Moese und Schinze, Das Thetagrammpapier. Meteorologische Zeitschrift, 1932, Heft 2.
Moese und Grundmann, Verwendungsmöglichkeit der Relationen zwischen Trübungsfaktoren und Luftkörpern für die praktische Wetteranalyse. Analen der Hydrographie, 1931, Band 59, S. 253.
G. Schinze, Die praktische Analyse der Fronten. Meteorologische Zeitschrift, 1926, S. 473.
G. Schinze, Die Erkennung der troposphärischen Luftmassen aus ihren Einzelfeldern. Meteorologische Zeitschrift, 1932, S. 169.
G. Schinze, Die praktische Wetteranalyse. Archiv der Deutschen Seewarte, 1932, Band 52, Nr. 1.
Süring, Leitfaden der Meteorologie. Verlag von H. Tauchnitz, Leipzig, 1927.
R. Wegener, Klimaprovinzen von Deutschland. Dissertation der Universität Berlin, 1922.

Lebenslauf

Am 12. Dezember 1908 wurde ich, Kurt Brade, in Haynau in Schlesien geboren. Mein Vater, der Kaufmann Bruno Brade, ermöglichte es mir, nach der Volksschule das Reform-Realgymnasium besuchen zu können. Ostern 1929 bestand ich an dieser Schule meiner Heimatstadt die Reifeprüfung. Nach einem halben Jahre praktischer Tätigkeit in einer Maschinenfabrik ging ich nach Darmstadt, um auf der dortigen Technischen Hochschule Maschinenbau zu studieren. Doch durch die Vorlesungen von Herrn Professor Dr. Georgii wurde mein Interesse erneut auf Meteorologie gelenkt, dessen Studium dann für mich ausschlaggebend wurde. Vom Wintersemester 1932/33 ab studierte ich an der Technischen Hochschule in Danzig und übersiedelte im Wintersemester 1935/36 nach der Universität Berlin, wo ich mich ausschließlich dem Studium der Meteorologie widmete.

Meine Lehrer waren die Herren Professoren Dr.: Eberhardt, Georgii, Horn, Rau, Schlink, Walther in Darmstadt;

Kalähne, Koschmieder, Kupfmüller, Lorenz, Pohlhausen und Sommer in Danzig;

Bartels, Defant, v. Ficker, Kähler, Knoch, Kohlschütter, Kölzer, Krebs, Ribesell, Robitzsch und Zistler in Berlin.

Ihnen allen danke ich an dieser Stelle herzlichst. Meinen besonderen Dank spreche ich Herrn Direktor Professor Dr. Knoch aus, dem ich Anregung und Unterstützung zu vorliegender Arbeit verdanke.